



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PAEZ

**PROPUESTA DE DISEÑO DE
INTERCONEXIÓN A TRAVÉS DE UN
ENLACE DE MICROONDAS PARA LA
EMPRESA GRUPO MERINO ENTRE LAS
SEDES VALENCIA Y TINAQUILLO.**

Autor: López Rojas José Francisco

C.I.: 24.347.659

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego

Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



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

**PROPUESTA DE DISEÑO DE INTERCONEXIÓN
A TRAVÉS DE UN ENLACE DE MICROONDAS
PARA LA EMPRESA GRUPO MERINO
ENTRE LAS SEDES VALENCIA Y TINAQUILLO.**

EMPRESA: GRUPO MERINO C.A

**AUTOR: LÓPEZ ROJAS JOSÉ FRANCISCO
C.I.: 24.347.659**

SAN DIEGO, MARZO DE 2018



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

**PROPUESTA DE DISEÑO DE INTERCONEXIÓN
A TRAVÉS DE UN ENLACE DE MICROONDAS
PARA LA EMPRESA GRUPO MERINO
ENTRE LAS SEDES VALENCIA Y TINAQUILLO.**

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

Ing. José Centeno, C.I.: 10.738.814

Tutor Académico

Sello

Ing. José Silva, C.I.: 17.890.055

Tutor Empresarial

Autor: López Rojas José Francisco
C.I.: 24.347.659

San Diego, Marzo de 2018



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

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, hace constar que ha leído el informe de pasantías presentado por el ciudadano José Francisco López Rojas, portador de la cedula de identidad N° 24.347.659, titulado **PROPUESTA DE DISEÑO DE INTERCONEXIÓN A TRAVÉS DE UN ENLACE DE MICROONDAS PARA LA EMPRESA GRUPO MERINO ENTRE LAS SEDES VALENCIA Y TINAQUILLO**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones, y acepta la tutoría del mencionado proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación; según las condiciones de la Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de ingeniería de la Universidad José Antonio Páez y sus correspondientes reglamentos.

En San Diego, a los 10 días del mes de Marzo del año dos mil dieciocho.

Ing. José Centeno

C.I.: 10.738.814

AGRADECIMINETOS

Convertirme en Ingeniero en Telecomunicaciones ha sido una de las metas más importantes en mi vida, algo que siempre imagine con mucha ilusión, haber llegado hasta aquí no hubiese sido posible sin la ayuda de mis padres quienes han sido la más grande inspiración, y quienes desde siempre han hecho lo posible para que no me faltara nada, en especial los estudios, un esfuerzo muy grande del que estaré eternamente agradecido, espero poder retribuirle ese esfuerzo con éxitos en mi carrera y lograr que sientan orgullo de este nuevo profesional. Así como también debo agradecer a Dios y a la virgen María por ser esa madre que me cuida y atiende todas las suplicas que le pido, en especial la ayuda que me ha brindado desde que comencé mi carrera.

A mis hermanos y hermana por brindarme ayuda en los momentos que necesitaba, por siempre creer en mí y ser además una gran inspiración para seguir adelante en mis estudios. A mis abuelos y abuelas que aunque no estén presentes físicamente siempre serán un gran apoyo en cada paso que doy, símbolos de esfuerzo, admiración e inspiración que siempre estarán presentes en mí. A mis demás familiares, tías, tíos y primos por creer en mí y apoyarme en los momentos importantes. También es necesario agradecer al profesor y tutor académico José Centeno, por aportar su conocimiento a lo largo de mi carrera y de la elaboración de este informe, con una dedicación a la enseñanza admirable.

Así como también agradezco al personal que me ha acompañado dentro de Gmtech en especial al ingeniero y tutor empresarial José Laurencio Silva por la paciencia a la hora de explicar y por brindarme los conocimientos y experiencias vividas en cada día de trabajo de manera incondicional. Así como también agradezco al ingeniero David Rodríguez por brindarme los conocimientos de telecomunicaciones adquiridos en su larga carrera cada vez que lo necesitaba. Y finalmente agradecer nuevamente a Dios por permitirme alcanzar una meta importante en mi vida rodeado de personas de gran corazón, trabajadoras y con grandes valores, dignos de admirar.

DEDICATORIA

Primeramente la realización de este trabajo de investigación es dedicada a mi padre y madre, por ser los promotores de este largo recorrido. Desde pequeño siempre he sentido su apoyo, cariño y su credibilidad en que puedo lograr cualquier cosa que me proponga. Este logro lo veo como el inicio de un sinnúmero de metas por cumplir, pero a su vez contiene un gran significado, una demostración de que con esfuerzo, perseverancia y dedicación todo se puede lograr. Siendo mis padres los motores que me impulsan a lograr estas metas, y seguir adelante, son ellos mi inspiración y un modelo de esfuerzo, superación y de dedicación a seguir. Ha mi hermano Javier por ser mi segundo padre, la persona que no se cansa de aconsejarme, y que también tiene la certeza de que puedo lograr lo que me proponga pero con sacrificio y dedicación. Un ejemplo a seguir y con quien siempre cuento cada vez que necesito. Sin duda una persona que al igual que mi padre infunde una gran admiración.

Con el mismo afecto quisiera incluir a mis hermanos Carlos, Rafael y Carmen, quienes me han brindado su apoyo a lo largo de este recorrido. Siempre incondicionales y presentes en cada paso que doy, debo destacar que me siento profundamente agradecido por tenerlos a mi lado. Por esta razón les dedico este logro ya que simplemente forman parte del sistema que me ha hecho llegar a donde estoy.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

Pp.

PORTADA	i
CONTRAPORTADA	ii
CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN	iii
ACEPTACIÓN DEL TUTOR	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
INDICE DE TABLAS	vii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULOS	
I LA EMPRESA	
1.1. Nombre de la empresa.....	3
1.2. Ubicación Geográfica.....	3
1.3. Reseña Histórica.....	4
1.4. Misión.....	5
1.5. Visión.....	5
1.6. Valores.....	5
1.7. Descripción del Departamento.....	6
II. EL PROBLEMA	
2.1. Planteamiento del problema.....	7
2.2. Formulación del problema.....	9
2.3. Objetivos	
2.3.1. Objetivo general.....	10
2.3.2. Objetivos específicos.....	10

2.4. Justificación.....	10
2.5. Alcance.....	11
2.6. Limitaciones.....	11
III. MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL	
3.1. Antecedentes.....	12
3.2. Bases teóricas.....	13
3.3. Definición de términos.....	32
IV. FASES METODOLÓGICAS	
4.1 Fases metodológicas.....	34
V. RESULTADOS	
5.1 Realización de un diagnóstico de la situación actual de la conexión mediante túnel VPN entre las sedes	35
5.2 Fase II: estudio de las posibles soluciones que satisfagan las necesidades y requerimientos para interconectar las sedes	45
5.2.1Fibra óptica.....	45
5.2.2Enlaces Satelitales.....	46
5.2.3Metro Ethernet.....	47
5.2.4Enlaces microondas.....	47
5.2.5Elección de la mejor alternativa para la interconexión entre sedes.....	48
5.3Fase III: Diseño de un enlace de microondas dedicado con las mejores prestaciones posibles para interconectar las sedes.....	48
5.3.1Descripción de equipos.....	50
5.3.2Descripción de los enlaces utilizando software Radio Mobile y Xirio-online.....	54
5.3.3Cálculos Teóricos.....	62
5.3.4Tablas de comparación entre cálculos simulados y teóricos.....	72
5.3.5Protecciones para el enlace.....	73
5.3.6Requisitos Técnicos para licitación de frecuencias.....	75
CONCLUSIONES.....	79
RECOMENDACIONES.....	81

REFERENCIAS

Referencias Bibliográficas.....82
Referencias Electrónicas.....82

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	Pp.
1. Ubicación de la empresa GRUPO MERINO.....	3
2. Organigrama de la empresa GRUPO MERINO	6
3. Zona Fresnel.....	18
4. Red por microondas.....	22
5. Repetidores.....	24
6. Internet por microondas.....	27
7. Trayectoria completa de transmisión.....	28
8. Topología Grupo Merino – Valencia.....	37
9. Topología Grupo Merino – Tinaquillo.....	38
10. Topología Grupo Merino – Tinaquillo – Mersan.....	39
11. Topología Grupo Merino – Tinaquillo – Baruta.....	40
12. Topología Grupo Merino – Tinaquillo – MDC.....	41
13. Topología Grupo Merino – Tinaquillo – La Fuente.....	42
14. Topología Grupo Merino – Tinaquillo – Frusol – Logitrans.....	43
15. Red Baruta – Torre A1.....	49
16. AirFiber AF – 11FX.....	50
17. Duplexores AF – 11FX.....	51
18. AF – 11G35.....	52
19. AF – 11G35.....	53
20. Enlace Centro A1-Copey.....	55
21. Perfil Centro A1-Copey.....	56
22. Enlace Centro A1-Copey resultados.....	57
23. Enlace Copey – Amparo.....	57
24. Perfil Copey – Amparo.....	58
25. Resultados Copey – Amparo.....	59
26. Enlace Amparo – Baruta.....	59

27. Perfil Amparo – Baruta.....	60
28. Resultados Amparo – Baruta.....	61
29. 29: Patrón de radiación de antena AF24.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS	Pp.
1. Coordenadas de las localidades	54
2. Características técnicas de los equipos.....	62
3. Intensidad de la lluvia excedida (mm/h).....	64
4. Coeficientes que dependen de la frecuencia para estimar la atenuación específica debida a la lluvia.....	65
5. Comparación cálculos teóricos y simulados (Torre A1 – Copey)	72
6. Comparación cálculos teóricos y simulados (Copey – Amparo)	72
7. Comparación cálculos teóricos y simulados (Amparo-Baruta).....	73

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS	Pp.
1. Anexo A.....	85
2. Anexo B.....	91
3. Anexo C.....	92
4. Anexo D.....	95
5. Anexo E.....	99

INTRODUCCIÓN

En el mundo actual las operaciones y actividades existentes hacen uso de sistemas de comunicaciones, ya sean de carácter laboral o personal. De manera que las telecomunicaciones forman parte importante del día a día de la humanidad, esto va relacionado con las diferentes facilidades y beneficios que pueden ofrecer, dentro de los cuales se encuentra, el poder comunicarse en tiempo real desde cualquier lugar del planeta, entre distancias muy amplias, esto se logra a través de los diversos sistemas tecnológicos de comunicaciones. En la actualidad existen empresas proveedoras de estos servicios que ofrecen diferentes formas para comunicar, transmitir información entre una o más localidades.

Los enlaces microondas pertenecen a los servicios más efectivos para lograr comunicaciones entre puntos muy distantes. Estos sistemas te permiten interconectar sedes donde la transmisión de datos e información es fundamental, como es el caso del Grupo Merino, cuya problemática relacionada a la comunicación entre sus sedes se refleja en la presente investigación.

En atención a lo planteado, esta investigación se estructura de la siguiente manera: Capítulo I: en este capítulo se describe a la empresa, su historia, su ubicación, misión, visión, valores. Se describe su estructura organizativa así como las funciones que realiza junto a su organigrama.

Capítulo II: Este capítulo conforma la descripción del problema presentado en el Grupo Merino, para de esta forma comprender la necesidad que se tiene de desarrollar la propuesta de diseño de interconexión a través de un enlace de microondas entre las sedes Valencia y Tinaquillo; así como también se explica el objetivo general y sus objetivos específicos, la justificación de la investigación, límites y alcances.

Capítulo III: En este capítulo se presentan los trabajos de investigación de diferentes autores cuyos temas relacionados con la presente investigación logran aportar conocimientos importantes al diseño de esta propuesta. Además se presenta los conceptos y bases teóricas que permiten el desarrollo de esta propuesta.

Capítulo IV: En las fases metodológicas se describen las fases y los procedimientos a seguir para la elaboración de la propuesta de un diseño de enlace microondas, de forma tal que se obtenga los objetivos planteados.

Capítulo V: Resultados: Es en este capítulo se especifica el procedimiento desglosado para la realización de las fases descritas en el capítulo IV.

CAPITULO I

LA EMPRESA

1.1 Nombre de la empresa.

Grupo Merino C.A. Rif: J408304937, se dedica principalmente al sector agrícola y agropecuario, cuyos productos están dirigidos al consumo humano y animal.

1.2 Ubicación Geográfica.

La empresa se encuentra ubicada en la calle 149 Uslar del municipio Valencia, Edificio Centro A1, Edo. Carabobo.



Figura 1. Ubicación Grupo Merino. C.A.

Fuente: Google Earth

1.3 Reseña Histórica.

Grupo Merino tiene más de 40 años de experiencia en el mercado del sector agropecuario, tras su nacimiento en el año 1976. Desde entonces su visión ha sido convertirse en el principal grupo empresarial a nivel nacional, caracterizándose por la calidad y modernidad de sus productos. Ofrece productos de altísima calidad en el sector agro industrial. Cuenta con un portafolio de marcas reconocidas en cada uno de los segmentos que atiende, alcanzando así una clara preferencia en el mercado Venezolano. Este grupo empresarial está compuesto por:

Mersan: Empresa fundada en 1974. Inició sus operaciones ese mismo año en la zona industrial de Tinaquillo, estado Cojedes. Siendo en aquella fecha una pequeña fábrica pionera en el ramo de la industria ABA. Lleva más de 40 años en el sector agro-industrial, trabajando con tecnología de vanguardia para la más alta calidad en la industria agropecuaria Venezolana. Se dedica principalmente a la fabricación, comercialización y distribución de alimentos balanceados para animales.

Granja Santa Clara: Fue fundada en el año 1989, con el propósito de desarrollar el mercado económico de Tinaquillo. Dedicándose principalmente a la cría avícola y porcina del grupo. Actualmente se encuentra en proceso de expansión, con la incorporación de otras actividades alternativas como la siembra de limones, aguacates, y maíz.

Del Campo: Fue constituida en el año 1999 como una empresa familiar, de beneficio de aves, en la localidad de Tinaquillo, estado Cojedes. Solían ser reconocidos en el mercado como: El Pechugón. Esta planta se dedica principalmente al beneficio, distribución, y comercialización de la producción avícola del grupo, a través de una amplia integración de actividades.

GM Semillas: En GM Semillas se desarrolla un proyecto de auto-abastecimiento para producir su propia materia prima. Destinada a la creación de alimentos para animales, hecha 100% en Venezuela.

GMCommodities: Fue constituida en el año 2012. Sin embargo, en el año 2015 inicia realmente sus operaciones como comercializadora de pre-mezclas y aminoácidos requeridos en la producción de alimentos balanceados para animales. Presta servicios de compra, venta, comercialización y distribución de pre-mezclas y aminoácidos para las industrias ABA del territorio nacional. Así como servicios de almacenamiento y logística para este tipo de productos, en sus almacenes ubicados en Tinaquillo, estado Cojedes.

IGM: Es una empresa de desarrollo y construcción residencial, comercial e industrial. Se rigen por un concepto popularizado como “turn-key solution” conocido también como “llave en mano”. Al contratar sus servicios, se responsabilizan por todo el proceso de creación de la obra, de principio a fin.

GMTECH: Determinan metas y logros desafiantes e investigan para cumplir y superarlos todos. Optimizan sus procesos para perfeccionarlos, y humanizar los procesos tecnológicos con su extraordinario equipo de profesionales.

1.4 Misión

Aspiramos a los más altos estándares de calidad, eficiencia y productividad en el diseño de nuestros productos, servicios y soluciones. Ofreciendo siempre lo mejor a nuestros clientes. Estamos comprometidos en asumir como propio cada reto, sin importarnos las exigencias que requiera.

1.5 Visión

Nuestra meta es convertirnos en el primer y más reconocido grupo empresarial del sector agrícola en Venezuela, con proyección mundial. Enfocados en brindar productos y servicios de calidad.

1.6 Valores

- Confianza
- Excelencia
- Innovación
- Apoyo

- Compromiso

1.7 Descripción del Departamento.

Gmtechnologies es una de las empresas que integran el Grupo Merino, su estructura está conformada por el presidente como cargo más alto, seguidamente de dos vicepresidentes los cuales tienen bajo su mando a gerente senior y gerente junior, por último se encuentran los analistas senior y analistas junior. A continuación se muestra su organigrama.

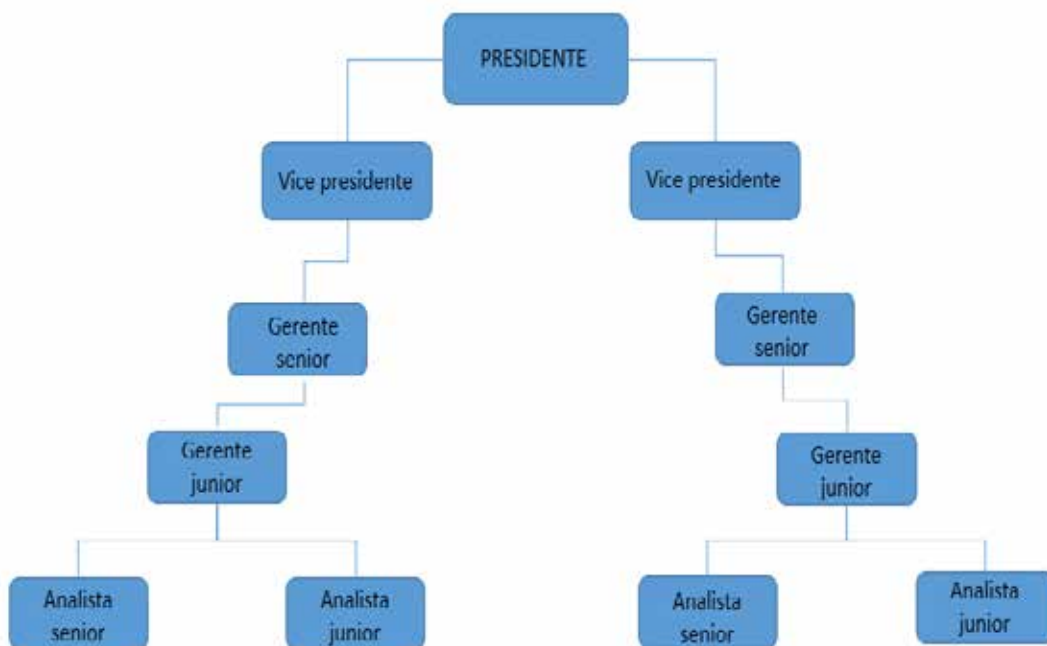


Figura 2: Estructura Organizacional De la empresa Gmtechs

Fuente: Archivos Departamento de Tecnología de información

Departamento de Networking Gmtechnologies.

Nombre del Jefe encargado del departamento: Ingeniero Cristóbal Mujica.

Función del departamento: Área encargada de las operaciones e infraestructura de los sistemas alámbricos e inalámbricos de la red de todo el grupo Merino. Así como también responsable de buscar las soluciones más innovadoras y eficientes de tecnología para el constante mejoramiento del servicio de red.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

2.1 Planteamiento del Problema.

Desde del comienzo de los tiempos el ser humano ha tenido la necesidad de comunicarse entre sí, empleando distintos métodos para llevar a cabo mencionada acción, bien sea mediante el uso de la voz, que sin duda es la que facilita enormemente el poder transmitir información, comunicarse a través de símbolos, los cuales facilitan la difusión de ideas, así como también el uso de gestos para hacerse entender. Con la misma necesidad de comunicarse se fueron empleando materiales como medio de comunicación, tallar símbolos en madera o en rocas forman partes de esos medio que han perdurado por años con el objetivo de informar. Y de igual manera se fueron utilizando distintos métodos cada vez más sofisticados para lograr transmitir un mensaje o información. Muchos de estos han logrado sobrevivir durante siglos como prueba de la evolución y necesidad del ser humano de lograr una comunicación con otros.

En la actualidad la comunicación sigue siendo una necesidad de carácter indispensable alrededor del mundo, desde lograr la comunicación entre dos personas a acceder a información en cualquier momento y en cualquier lugar en tiempo real, ya sea por medios tradicionales o por medios innovadores, es allí donde la tecnología está fuertemente relacionada con el desarrollo de las comunicaciones, desde la invención de diferentes medios como el telégrafo, la radio, la telefonía fija, fax, telefonía móvil, el internet, teléfonos inteligentes, redes sociales, entre otros y que a su vez dependen de la interconexión de telecomunicaciones por medio de cableado de cobre, fibra óptica, sistemas de microondas y redes que hacen posible llevar a cabo la transmisión de información a cualquier parte del mundo, y por ende se considera pieza fundamental en las comunicaciones de hoy.

En Venezuela la necesidad de comunicarse y llevar información de un lugar a otro es una realidad que viven todos sus habitantes, en la vida cotidiana de cada venezolano la comunicación forma parte de un sistema que hace funcionar su día a día, en cada lugar de trabajo, empresa, ente gubernamental, llevar o acceder a información es de vital importancia y se logra por medio de las diferentes tecnologías que existen para transportar información. Buscando aquella que brinde más seguridad y rapidez. De tal manera que estas tecnologías están en constante evolución.

Grupo Merino es una empresa dedicada al sector agro industrial. Que cuenta con un portafolio de marcas reconocidas en cada uno de los segmentos que atiende, entre las cuales se encuentra Mersan, dedicada a alimentos balanceados, Granja Santa Clara enfocada en crianza, distribución, y comercialización de aves de corral, Del Campo beneficiadora avícola, GMSemillas que se ocupa de las actividades agrícolas, GMCommodities responsable por presta servicios para comercialización y distribución de pre mezclas y aminoácidos para las industrias ABA, IGM empresa dedicada a la construcción, y por ultimo gmtechnologies especializada en telecomunicaciones y enfocada en tecnología de punta e innovación. Grupo Merino cuenta con sus principales sedes en Tinaquillo y Valencia.

Gmtechnologies es la empresa del Grupo Merino encargada de garantizar la estabilidad y disponibilidad de la red de telecomunicaciones de todas las empresas que conforman el grupo, se ocupa de optimizar procesos para ofrecer soluciones actualizadas. Cuenta con una plataforma de comunicación conformada por enlaces de microondas que permite la interconexión entre sus sedes para comunicarse y transmitir información. Mientras la comunicación entre sus principales sedes ubicadas en Valencia y Tinaquillo, se logra a través de un túnel VPN con tecnología IPsec la cual permite encriptar y proteger los datos mientras estos atraviesan los equipos públicos de su proveedor ISP Movistar.

La comunicación entre sus principales sedes debe llevarse a cabo garantizando una alta fidelidad, confiabilidad y alto desempeño, esto se traduce en transmisiones que garanticen la conexión 24/7, entregar información sin ninguna modificación, calidad

de servicio inmejorable, confidencialidad de la información, con sistemas redundantes que permitan trabajar bajo condiciones críticas y anormales sin ningún tipo de interrupción, velocidades que permitan obtener transmisión de datos en tiempo real para lograr de esta forma el funcionamiento correcto de la empresa.

Sin embargo, la situación actual de la comunicación entre las principales sedes del Grupo Merino se encuentra bajo condiciones inestables, su comunicación a través de un túnel VPN de su proveedor Movistar mencionado anteriormente, ha sufrido en repetidas ocasiones pérdidas del servicio, por periodos de hasta siete días dejando incomunicadas ambas sedes, así como presentando intermitencias en la comunicación durante horas de trabajo.

Lo anteriormente expuesto es el resultado de la falta de mantenimiento de los equipos que prestan este servicio, la inexistencia de equipos en buen estado para el respaldo de estos enlaces, y la ausencia de respaldo energético que viven las estaciones de red de Movistar, que a su vez es causado por la situación económica en la que se encuentra el país, la falta de divisas para traer equipos nuevos afecta notablemente esta situación, ya que estos son fabricados en el extranjero, y aunado a esto la cantidad de hurtos continuos en la que se encuentra sometidas las estaciones de telecomunicaciones en diferentes localidades del proveedor de ese servicio .

De cualquier forma esta situación afecta directamente a la empresa y a su correcto funcionamiento, originando interrupción en el servicio de telefonía Ip, afectando la calidad de servicio por parte de gmtechnologies, inacceso a los servidores ubicados en Valencia y viceversa con los ubicados en Tinaquillo, pérdida de datos, inacceso a la red Internet, pérdida de comunicación y transmisión de información entre las sedes. Causando retrasos de pago, además de retrasar el trabajo de todas las empresas que conforman el Grupo.

2.2 Formulación del Problema

Con lo mencionado anteriormente surge la siguiente interrogante:

¿De qué manera se puede mejorar la interconexión entre las sedes Valencia-Tinaquillo de la empresa Grupo Merino?

2.3 Objetivos de la Investigación.

2.3.1 Objetivo General

Proponer el diseño de interconexión a Través de un enlace de microondas entre las sedes Valencia-Tinaquillo de la empresa Grupo Merino.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual de conexión entre las sedes Valencia - Tinaquillo del Grupo Merino.
- Estudiar las posibles soluciones para interconectar las sedes Valencia - Tinaquillo del Grupo Merino.
- Diseñar el enlace de microondas dedicado para interconectar las sedes Valencia -Tinaquillo del Grupo Merino.

2.4 Justificación del Problema.

La implementación de esta propuesta tendrá como beneficio principal lograr una comunicación con mayor fidelidad, de tal manera que se transmita información sin ninguna modificación, con mayor confiabilidad, lo que permitirá que las sedes se encuentren interconectadas bajo cualquier condición durante todos los días del año a cualquier hora. De igual forma se aumentará el ancho de banda para la transmisión y recepción de datos, mejorando las velocidades de transmisión y habilitando la transmisión de datos más pesados. Así como también nos permite tener una redundancia en la salida de Internet, esto en caso de que se caiga el servicio de datos en alguna de las localidades, redundancia en el servicio de telefonía unificada CUCM, mas confiabilidad en el acceso de los usuarios a los servidores ubicados en Valencia y Tinaquillo, además permite mejorar el rendimiento de programas administrativos, correo, manejo de políticas y recursos. De esta forma aumentar la calidad de servicio prestada a todo el Grupo Merino.

Cabe mencionar que la realización de esta propuesta deja como beneficiario al autor del presente informe ya que mediante su participación logra adquirir las herramientas y experiencia de trabajo en equipo para el diseño de un enlace de microondas. Así como también la experiencia de trabajar en distintas áreas de las telecomunicaciones.

2.5 Alcances de la Investigación.

Este trabajo de investigación tendrá como fin el estudio de la situación actual de la conexión entre las sedes principales del Grupo Merino, para de esta forma conocer las debilidades de este sistema sus causas y consecuencias, y partiendo de las fallas encontradas, realizar una investigación empleando las herramientas y cálculos adecuados con el objetivo de proponer un diseño de interconexión que brinde las soluciones correspondientes, y de mayor viabilidad posible para mejorar de manera exponencial la fiabilidad y confiabilidad de la comunicación entre las mencionas sedes ubicadas en Valencia y Tinaquillo del Grupo Merino.

2.6 Limitaciones.

La propuesta de este diseño tiene como limitaciones, factores económico ya que para la implementación de esta propuesta es necesario hacer una inversión de una considerable suma de dinero para adquirir los equipos necesarios en el enlace entre las sedes Valencia y Tinaquillo, el tiempo es otra de las limitantes ya que el estudio tanto de la problemática como de las soluciones posibles puede requerir un lapso mayor a las 12 semanas que duran las pasantías.

CAPITULO III

MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL

3.1 Antecedentes.

Para el adecuado desarrollo de la presente investigación es necesario consultar estudios con semejanza respecto al tema para de esta manera tener una fuente de apoyo. A continuación se muestran algunas de estas investigaciones.

Gonzales, L. (2015), realizó una investigación la cual se titulaba: **Propuesta para la mejora de la red de enlaces de microondas del Grupo Inversiones Geandina C.A Valencia Estado Carabobo**. Presentado ante la facultad de ingeniería de la Universidad José Antonio Páez para optar por el título de ingeniero en telecomunicaciones, esta investigación tuvo como objetivo principal “proponer una mejora de la calidad de servicio de la red de enlaces de microondas del Grupo Inversiones Geandina”, el desarrollo de esta propuesta consistió en el diagnóstico de la situación presentada en la mencionada empresa con el fin de proponer las acciones necesarias para mejorar los enlaces que prestan servicio en la empresa.

La investigación anterior guarda relación con este informe en las técnicas realizadas y la metodología utilizada para realizar la investigación, teniendo como relación principal la necesidad de transmitir información, datos de manera efectiva con la mayor confiabilidad posible.

Por otra parte la investigación realizada por Carcotsicas Evangelia (2012), su trabajo titulado. **“Estudio y diseño de una red de interconexión entre las sedes de onlyticket eventos Caracas, puerto Ordaz y Panamá”**, tuvo como propósito diseñar una red de interconexión que permitiera el intercambio de información entre las tres sedes ubicadas en Caracas, Puerto Ordaz y una en Panamá y de esa forma realizar un diseño de red eficiente, que garantizara la transmisión y recepción de voz, datos y video.

La vinculación de este antecedente expuesto anteriormente con la investigación presentada es evidente, ya que en ambas se desea diseñar una interconexión entre localidades de una misma empresa para la transmisión de datos.

Carvajal Mónica (2012). En su investigación titulada: **“Diseño eficiente de redes de transporte de datos para los sistemas y servicios de tráfico inteligente ofrecidos por el grupo Intec Solutions”**, estableció como criterio de su investigación solucionar problemas de diseño para transportar datos de forma eficiente, se realizó el análisis de las estrategias anteriores para a partir de allí identificar las oportunidades de mejora. Para de esta forma ofrecer una red de transporte de datos estable para los servicios y sistemas de tráfico inteligente ofrecidos por la empresa.

Precisamente esto último relaciona la investigación presentada al proyecto a desarrollar, la estabilidad en el transporte de datos es una de las mejoras que se quiere obtener mediante el diseño de un nuevo enlace de microondas, es por esto que las estrategias utilizadas en este antecedente para lograr esas mejoras son de gran apoyo para este informe.

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Radiocomunicaciones

La ionosfera está constituida por un plasma, es decir un conjunto de partículas cargadas de ambos signos que tiene una carga neta nula o prácticamente nula, y que presenta un comportamiento colectivo. Las cargas que existen en la ionosfera son consecuencia directa de la radiación cósmica y muy especialmente de la solar.

Cuando una onda electromagnética incide en un plasma, éste se puede comportar como un metal o como un dieléctrico, dependiendo de que la frecuencia de la onda sea muy baja o muy alta, respectivamente. Todo plasma tiene una frecuencia característica que delimita su comportamiento como conductor de su comportamiento como dieléctrico:

La frecuencia de corte o frecuencia de plasma.

Esta frecuencia aumenta proporcionalmente con la raíz cuadrada de la densidad de partículas cargadas. Los mecanismos óptimos para transmitir energía electromagnética a grandes distancias dependen en gran medida de la frecuencia de la onda. La transmisión de señal en una dirección privilegiada recibe habitualmente el nombre de transmisión punto a punto o LOS (Line Of Sight). Este es el mecanismo de propagación más habitual en los sistemas de comunicación modernos. Así pues, no resulta extraño que las microondas sean tan relevantes en la transmisión de señal a largas distancias.

3.2.2 Propagación terrestre de las ondas electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas de radio que viajan dentro de la atmósfera terrestre se llaman ondas terrestres, y las comunicaciones entre dos o más puntos de la tierra se llaman radiocomunicaciones terrestres. Las ondas terrestres se ven influidas por la atmósfera y por la tierra misma. En las radiocomunicaciones terrestres, las ondas se pueden propagar de varias formas, que dependen de la clase del sistema y del ambiente. Como se dijo antes, las ondas electromagnéticas también viajan en línea recta, excepto cuando la tierra y su atmósfera alteran sus trayectorias. En esencia, hay tres formas de propagación de ondas electromagnéticas dentro de la atmósfera terrestre: onda terrestre, onda espacial (que comprende ondas directas y reflejadas en el suelo) y ondas celestes o ionosféricas.

Propagación de ondas terrestres

Una onda terrestre es una onda electromagnética que viaja por la superficie de la Tierra. Por eso a las ondas terrestres también se les llama ondas superficiales. Las ondas terrestres deben estar polarizadas verticalmente. Esto se debe a que el campo eléctrico, en una onda polarizada horizontalmente, sería paralelo a la superficie de la tierra, y esas ondas se pondrían en corto por la conductividad del suelo. Con 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. Se propagan mejor sobre una superficie buena conductora, como por ejemplo, agua salada, y se propagan mal sobre superficies

desérticas. Las pérdidas en las ondas terrestres aumentan rápidamente al aumentar la frecuencia. Por consiguiente, su propagación se limita en general a frecuencias menores que 2 MHz.

Propagación de las ondas espaciales

La propagación de la energía electromagnética en forma de ondas espaciales incluye la energía irradiada que viaja en los kilómetros inferiores de la atmósfera terrestre. Las ondas espaciales incluyen ondas directas y las reflejadas en él. Las ondas directas viajan esencialmente en línea recta entre las antenas de transmisión y recepción. La propagación de ondas espaciales directas se llama transmisión por línea de vista (LOS, *por line-of-sight*). Por consiguiente, la propagación directa de ondas espaciales está limitada por la curvatura de la Tierra. Las ondas reflejadas en el suelo son las que refleja la superficie terrestre cuando se propagan entre las antenas emisora y receptora.

3.2.3 Pérdidas en trayectoria por el espacio libre

La pérdida en trayectoria por el espacio libre se suele definir como la pérdida sufrida por una onda electromagnética al propagarse en línea recta por un vacío, sin absorción ni reflexión de energía en objetos cercanos. Es una definición mala y con frecuencia engañosa. La pérdida en trayectoria por el espacio libre es una cantidad técnica artificial que se originó debido a la manipulación de las ecuaciones de presupuesto de un enlace de comunicaciones, que deben tener determinado formato en el que se incluye la ganancia de la antena transmisora, la pérdida en trayectoria por el espacio libre y el área efectiva de la antena receptora. En realidad, no se pierde energía alguna; tan sólo se reparte al propagarse alejándose de la fuente, y se produce una menor densidad de potencia en determinado punto a determinada distancia de la fuente. En consecuencia, un término más adecuado para definir el fenómeno es pérdida por dispersión. La pérdida por dispersión se debe simplemente a la ley del cuadrado inverso. La ecuación que define a la pérdida en trayectoria por el espacio libre es:

$$L_p = \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2 = \left(\frac{4\pi Df}{c} \right)^2$$

siendo L_p = pérdida en trayectoria por el espacio libre (adimensional)

D = distancia (kilómetros)

f = frecuencia (hertz)

λ = longitud de onda (metros)

c = velocidad de la luz en el espacio libre (3×10^8 metros por segundo)

3.2.4 Margen de desvanecimiento

Las radiocomunicaciones entre lugares remotos, sean de tierra a tierra o de tierra a satélite, requieren la propagación de señales electromagnéticas por el espacio libre. Al propagarse una onda electromagnética por la atmósfera terrestre, la señal puede tener pérdidas intermitentes de intensidad, además de la pérdida normal en la trayectoria. Esas pérdidas se pueden atribuir a diversos fenómenos, que incluyen efectos de corto y de largo plazo. Esta variación en la pérdida de la señal se llama desvanecimiento y se puede atribuir a perturbaciones meteorológicas como lluvia, nieve, granizo, etc.; a trayectorias múltiples de transmisión y a una superficie terrestre irregular. Para tener en cuenta el desvanecimiento temporal, se agrega una pérdida adicional de transmisión a la pérdida en trayectoria normal.

A esta pérdida se le llama margen de desvanecimiento. En esencia, el margen de desvanecimiento es un “factor espurio” que se incluye en la ecuación de ganancia del sistema para considerar las características no ideales y menos predecibles de la propagación de las ondas de radio, como por ejemplo la propagación por trayectorias múltiples (pérdida por trayectorias múltiples) y la sensibilidad del terreno. Estas características causan condiciones atmosféricas temporales y anormales que alteran la pérdida por trayectoria en el espacio libre, y suelen ser perjudiciales para la eficiencia general del sistema. El margen de desvanecimiento también tiene en cuenta los objetivos de confiabilidad del sistema. Así, el margen de desvanecimiento se incluye en la ecuación de ganancia de un sistema como una pérdida. Al resolver las ecuaciones

de confiabilidad de Barnett-Vignant para una disponibilidad anual especificada en un sistema no protegido sin diversidad se obtiene la siguiente ecuación:

$$Fm = 30 \log D + 10 \log(6ABf)$$

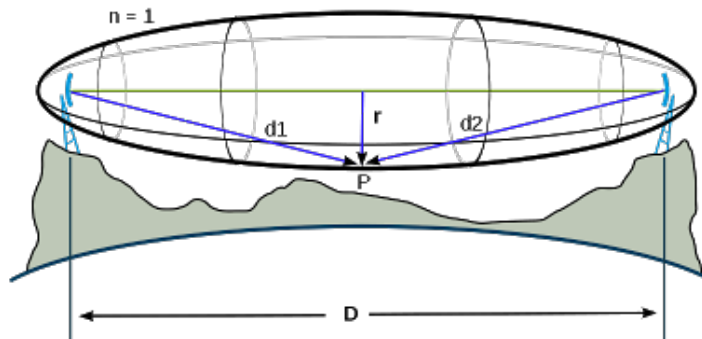


Figura 3: Zona Fresnel

Fuente: <http://mundotelecomunicaciones1.blogspot.com/2014/10/zona-de-fresnel.html>

Así, la fase mínima se produce para el rayo que une en línea recta al emisor y el receptor. Tomando su valor de fase como cero, la primera zona de Fresnel abarca hasta que la fase llegue a 180° , adoptando la forma de un elipsoide de revolución. La segunda zona abarca hasta un desfase de 360° , y es un segundo elipsoide que contiene al primero. Del mismo modo se obtienen las zonas superiores. 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 factor 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, que de forma simple, es la línea recta que une los focos de las antenas transmisora y receptora.

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel es:

$$r_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

Donde:

r_n = radio de la n ésima zona de Fresnel en metros ($n=1,2,3\dots$).

d_1 = distancia desde el transmisor al objeto en metros.

d_2 = distancia desde el objeto al receptor en metros.

Aplicando la fórmula se obtiene del radio de la primera zona de Fresnel (r_1 de la fórmula superior), conocida la distancia entre dos antenas y la frecuencia en la cual transmiten la señal, suponiendo al objeto situado en el punto central. En unidades del SI:

$$r_1 = 8,657 \sqrt{\frac{D}{f}}$$

donde

r_1 = radio en metros (m).

D = distancia en kilómetros (km) ($d_1 = d_2$, $D = d_1 + d_2$).

f = frecuencia de la transmisión en

El siguiente video puede ser de gran utilidad para una mejor comprensión.

3.2.6 Radioenlace

Se conoce como radioenlace a cualquier interconexión entre terminales de telecomunicación efectuada por ondas electromagnéticas, específicamente por aquellas que entran en el rango de las señales de radio.

Los radios enlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la Transmisión y otra para la recepción. Al par de frecuencias asignadas para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio canal. Una onda portadora es una forma de onda, generalmente sinusoidal, que es modulada por una señal que se quiere transmitir. Ésta onda portadora es de una frecuencia mucho más alta que la de la señal moduladora (la señal que contiene la información a transmitir).

Al modular una señal se desplaza su contenido espectral en frecuencia, ocupando un cierto ancho de banda alrededor de la frecuencia de la onda portadora. Esto permite multiplexar en frecuencia varias señales simplemente utilizando diferentes ondas portadoras y conseguir así un uso más eficiente del espectro de frecuencias. En otras

palabras, la modulación de onda codifica a la señal en una señal de radiofrecuencia, a la que se llama portadora.

Clasificación:

Según sean sus terminales se dividen en:

Radioenlace de servicio fijo: sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz.

Radioenlace de servicio móvil: como el nombre lo indica, son aquellas en la que las terminales son móviles.

Por la situación de las terminales pueden ser:

Todos en la tierra: radioenlaces terrenales

Uno o más repetidores en satélite: radioenlace espacial o por satélite

Según el tipo de señal que transmiten:

Analógicas: fueron las primeras. Tenían finalidad de transmitir canales telefónicos y de televisión

Digitales: permiten regeneración de la señal, mayor tolerancia al ruido e interferencias.

3.2.7 Microondas

La radiocomunicación por microondas se interpreta como la transmisión de datos o voz a través de radiofrecuencias con longitudes de onda en la región de frecuencias de microondas. Se describe como microondas a aquellas ondas electromagnéticas cuyas frecuencias van desde los 300 MHz hasta los 300 GHz o aún más. Por consiguiente, las señales de microondas, a causa de sus altas frecuencias, tienen longitudes de onda relativamente pequeñas, de ahí el nombre de “microondas“. Así por ejemplo la longitud de onda de una señal de microondas de 100 GHz es de 0.3 cm., mientras que la señal de 100 MHz, como las de banda comercial de FM, tiene una longitud de 3 metros. Las longitudes de las frecuencias de microondas van de 1 a 60 cm., un poco mayores a la energía infrarroja.

Antenas de tipo rejilla, pueden ser usadas en frecuencias de microondas bajas, por debajo de 2.5 GHz. Gran parte de los sistemas de comunicación establecidos desde mediados de la década de 1980 es de naturaleza digital y como es lógico transportan información en forma digital. Sin embargo, los sistemas terrestres de radios repetidoras de microondas que usan portadores moduladas en frecuencia (FM) o moduladas digitalmente ya sea en QAM o en PSK, siguen constituyendo el 35% del total de los circuitos de transporte de información en los Estados Unidos. Existen una variedad de sistemas de microondas funcionando a distancias que varían de 15 a 4000 millas, los sistemas de microondas de servicio interestatal o alimentador se consideran en general de corto alcance, porque se usan para llevar información a distancias relativamente cortas, por ejemplo, hacer una radiocomunicación entre ciudades que se encuentran en un mismo país. Los sistemas de microondas de largo alcance son los que se usan para llevar información a distancias relativamente mucho más largas, por ejemplo, en aplicaciones de rutas interestatal y de red primaria.

Las capacidades de los sistemas de radio de microondas van desde menos de 12 canales de banda de voz hasta más de 22000. Los primeros sistemas tenían circuitos de banda de voz multiplexados por división de frecuencia, y usaban técnicas convencionales, de modulación en frecuencia no coherente, los más modernos tienen circuitos de banda de voz modulados por codificación de pulsos y multiplexados por división de tiempo usan técnicas de modulación digital más modernas, como la modulación de conmutación de fase (PSK) o por amplitud en cuadratura (QAM).

En telecomunicaciones, las microondas son usadas en radiodifusión, ya que estas pasan fácilmente a través de la atmósfera con menos interferencia que otras longitudes de onda mayores. También hay más ancho de banda en el espectro de microondas que en el resto del espectro de radio. Usualmente, las microondas son usadas en programas informativos de televisión para transmitir una señal desde una localización remota a una estación de televisión mediante una camioneta especialmente equipada.

Una red por microondas es un tipo de red inalámbrica que utiliza microondas como medio de transmisión. El protocolo más frecuente es el IEEE 802.11b y transmite a 2.4

GHz, alcanzando velocidades de 11 Mbps (Megabits por segundo). Otras redes utilizan el rango de 5,4 a 5,7 GHz para el protocolo IEEE 802.11a.

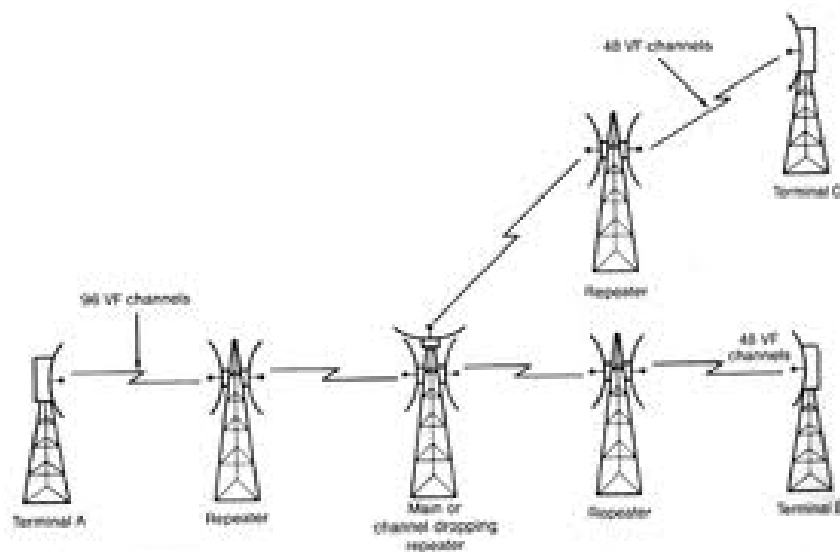


Figura 4 Red por microondas.

Fuente: <http://ingenierosdetelecomunicaciones.blogspot.com/p/tv-digital.html>

La antena utilizada generalmente en las microondas es la de tipo parabólico. El tamaño típico es de un diámetro de unos 3 metros. La antena es fijada rígidamente, y transmite un haz estrecho que debe estar perfectamente enfocado hacia la antena receptora. Estas antenas de microondas se deben ubicar a una altura considerable sobre el nivel del suelo, con el fin de conseguir mayores separaciones posibles entre ellas y poder superar posibles obstáculos. Sin obstáculos intermedios la distancia máxima entre antenas es de aproximadamente 150 km, con antenas repetidoras, claro está que esta distancia se puede extender, si se aprovecha la característica de curvatura de la tierra, por medio de la cual las microondas se desvían o refractan en la atmósfera terrestre.

Por ejemplo dos antenas de microondas situadas a una altura de 100 m pueden separarse una distancia total de 82 km, esto se da bajo ciertas condiciones, como terreno y topografía. Es por ello que esta distancia puede variar de acuerdo a las condiciones que se manejen. La distancia cubierta por enlaces microondas puede ser incrementada por el uso de repetidoras, las cuales amplifican y re direccionan la señal, es importante

destacar que los obstáculos de la señal pueden ser salvados a través de reflectores pasivos.

La señal de microondas transmitidas es distorsionada y atenuada mientras viaja desde el transmisor hasta el receptor, estas atenuaciones y distorsiones son causadas por una pérdida de potencia dependiente a la distancia, reflexión y refracción debido a obstáculos y superficies reflectoras, y a pérdidas atmosféricas.

Reflector parabólico: se construye de fibra de vidrio o aluminio. El caso de fibra de vidrio se construye con un laminado reforzado con resina poliéster; la superficie se metaliza con Zinc.

Eficiencia: en una antena se ve reducida la ganancia por las siguientes causas:

- Spill over: la potencia incidente es irradiada en todas las direcciones por el borde de la parábola (rendimiento 90%).
- El iluminador tiene un diagrama de emisión que abarca más que la superficie de la antena (rendimiento de 70%).
- El iluminador absorbe parte de la energía reflejada en la parábola por que obstruye el camino (rendimiento de 95%).
- La rugosidad del reflector produce una diferencia de fase en las ondas reflejadas (rendimiento de 93%).
- Se genera una diferencia de fase cuando el iluminador no está exactamente en el foco de la parábola (rend. 98%).
- Como el reflector no es un conductor ideal parte de la energía penetra en el material y es absorbida (rendimiento 99%).

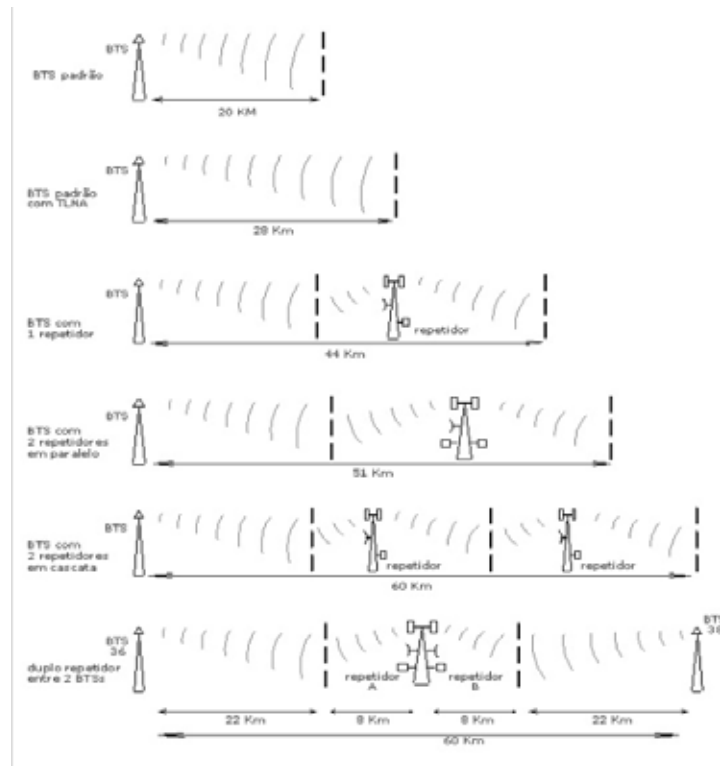


Figura 5. Repetidores

Fuente: <http://ingenierosdetelecomunicaciones.blogspot.com/p/tv-digital.html>

Repetidor Unico (*single repeater*): la ubicación física del repetidor puede ser más allá del límite de 20km mencionado, considerando el uso optimizado de una antena donadora en el repetidor, con características directivas y de alta ganancia. El repetidor es asociado a una o más antenas de suscriptores que se encargan de iluminar las áreas de interés.

La antena opuesta a la BTS donadora ilumina la mayor parte del área pretendida y opera típicamente con un 75% de la potencia total de transmisión proveída por el repetidor; otra, direccionada para la BTS, opera con el 25% restante de la potencia y atiende a un área menor, en principio el área con deficiencia de señal que debería ser atendida por la BTS. El control de estas potencias para cada antena es obtenido por un dispositivo denominado divisor de potencias (*power divider o tapper*). El radio de cobertura típico obtenido puede ser de 44km cuando comparado a los 20km del ejemplo inicial.

Repetidores paralelos (*parallel repeaters*): son utilizados dos repetidores en un único local, a una distancia mayor que en relación al repetidor único. Por este motivo, la antena donadora debe tener características aún más superiores, principalmente en relación a la ganancia. Las dos antenas de suscriptores, presentando las mismas orientaciones básicas que en el caso del repetidor único, operan con el 100% de la potencia proveída por cada repetidor e iluminan áreas equivalentes en cobertura, lo que al final resulta en un radio típico de cerca de 51km si comparado al ejemplo inicial.

Esta configuración es la ideal para topografías llanas o planas y tiene como característica marcante un mayor grado de confiabilidad de atención, teniendo en vista que solamente un segmento pierde servicio en el caso de falla de uno de los repetidores. Repetidores en cascada (*cascade repeaters*): los *sites* repetidores son montados en serie (o en línea) del punto de vista de la topografía. Cada repetidor puede ser instalado y configurado de forma idéntica a la del repetidor único: la antena opuesta a la BTS donadora ilumina la mayor parte del área pretendida, operando típicamente con el 75% de la potencia total de transmisión proveída por el repetidor; otra, direccionada para la BTS, opera con el 25% restante de la potencia y atiende a un área menor, en principio al área con deficiencia de señal que debería ser atendida por la BTS o por el repetidor anterior.

Es importante en este punto observar un detalle: el segundo (último) repetidor de la cascada tiene como estación donadora no la BTS, sino el repetidor anterior. Eso, naturalmente resulta en una degradación proporcional en el desempeño global de la celda, lo que debe ser considerado cuando se pretende usar más de dos repetidores en una aplicación en cascada. Esta configuración es indicada para los casos de regiones accidentadas, con dificultades de línea de visada. El radio de cobertura típico obtenido puede ser de 60km.

Duplo repetidor entre dos BTSs: en esa configuración, dos repetidores son en principio instalados en el lugar de una BTS (en el ejemplo del dibujo, en el lugar de la BTS 37). En esta forma de proyecto, es colocado un repetidor duplo a cada segunda BTS a lo largo de la ruta. Visto de otra manera, esta configuración funciona como si

sustituyese a una BTS de dos sectores. La forma que cada repetidor ilumina el área es diferente en relación al caso de los repetidores en paralelo y cascada, vistos anteriormente.

En aquellos ejemplos, cada repetidor ilumina de vuelta la región que debería ser cubierta por la respectiva BTS donadora, una especie de inversión de sentido. En el caso del repetidor duplo entre dos BTSs, es más común que cada repetidor continúe iluminando para adelante, o sea, las señales de la BTS 36 son repetidas en dirección del área entre el repetidor y la BTS 38. Lo mismo ocurre en el sentido inverso. Ese es un caso típico de atención a las carreteras. Las distancias típicas son las mostradas en el dibujo, que sin embargo tiene carácter sólo referencial. Esas distancias pueden variar en función de las características inherentes a cada región.

Configuraciones mixtas: una celda original, comandada por una BTS, puede abrigar configuraciones mixtas entre las mencionadas. Obviamente, los proyectistas deben redoblar la atención en este aspecto, considerando siempre que cada repetidor agregado puede provocar una degradación proporcional en el desempeño de la celda entera, caso el proyecto no sea bien en estructurado.

Internet por microondas

Muchas empresas que se dedican a ofrecer servicios de Internet, lo hacen a través de las microondas, logrando velocidades de transmisión y recepción de datos de 2.048 Mbps (nivel estándar ET5I, EI), o múltiplos.

El servicio utiliza una antena que se coloca en un área despejada sin obstáculos de edificios, árboles u otras cosas que pudieran entorpecer una buena recepción en el edificio o la casa del receptor y se coloca un módem que interconecta la antena con la computadora. La comunicación entre el módem y la computadora se realiza a través de una tarjeta de red, que deberá estar instalada en la computadora.

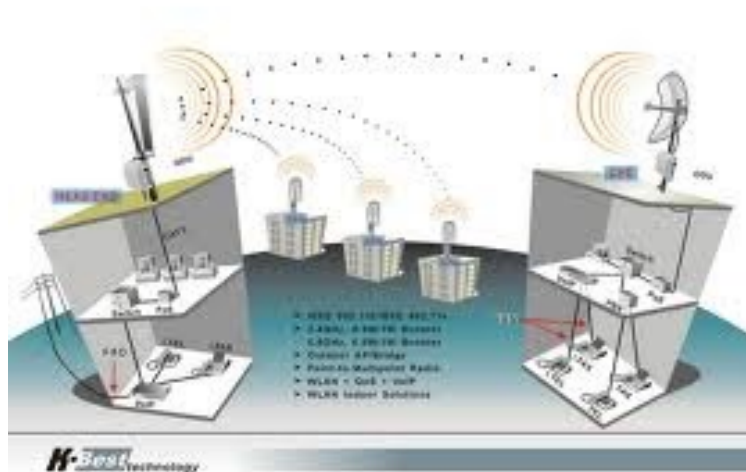


Figura 6: Internet por microondas

Fuente: <http://ingenierosdetelecomunicaciones.blogspot.com/p/tv-digital.html>

3.2.8 Calculo de enlace microondas

Independientemente del buen equipamiento de red inalámbrica que posea y del despeje de la línea de vista, necesita calcular el presupuesto de potencia de enlace. Sobrecargar un radio enlace no hará necesariamente, que las cosas mejoren para su implementación y causará problemas a otros usuarios del espectro. Tener un buen presupuesto de potencia es esencial ya que es el requerimiento básico del funcionamiento del mismo. Puede ser comparado con los cimientos de una edificación: no importa lo bien hecho que estén el piso, las paredes y el techo, si el cemento es débil, la edificación entera se caerá.

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 4. Los elementos del presupuesto de enlace Los elementos pueden ser divididos en 3 partes principales:

1. El lado de Transmisión con potencia efectiva de transmisión.
2. Pérdidas en la propagación.

3. El lado de Recepción con efectiva sensibilidad receptiva (*effective receiving sensibility*).

Un presupuesto de radio enlace completo es simplemente la suma de todos los aportes (en decibeles) en el camino de las tres partes principales. Potencia del transmisor [dBm] – Pérdida en el cable TX [dB] + ganancia de antena TX [dBi] – Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto [dB] + ganancia de antena RX [dBi] – Pérdidas en el cable del RX [dB] = Margen – Sensibilidad del receptor [dBm].



Figura 7: Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor

Fuente: | www.wilac.net/tricalca

Una cuestión importante a tener en cuenta es que si la potencia del transmisor y la del receptor no son iguales debe realizarse el cálculo del presupuesto tanto en el sentido transmisor-receptor como en el sentido inverso para asegurarnos que el enlace se puede establecer efectivamente. Podría darse el caso, por ejemplo, de tener una radiobase de mucha potencia para que llegue a varios clientes a distintas distancias y que uno de los clientes reciba la señal pero no tenga la potencia suficiente para comunicarse con la radiobase con lo que el enlace no podrá establecerse.

Potencia de Transmisión (Tx)

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio. El límite superior depende de las regulaciones vigentes en cada país, dependiendo de la frecuencia de operación y puede cambiar al variar el marco regulatorio. En general, los radios con mayor potencia de salida son más costosos. La potencia de transmisión del Iradio,

normalmente se encuentra en las especificaciones técnicas del vendedor. Tenga en cuenta que las especificaciones técnicas le darán valores ideales, los valores reales pueden variar con factores como la temperatura y la tensión de alimentación. La potencia de transmisión típica en los equipos IEEE 802.11 varía entre 15 – 26 dBm (30 – 400 mW).

Pérdida en el cable

Las pérdidas en la señal de radio se pueden producir en los cables que conectan el transmisor y el receptor a las antenas. Las pérdidas dependen del tipo de cable y la frecuencia de operación y normalmente se miden en dB/m o dB/pies. Independientemente de lo bueno que sea el cable, siempre tendrá pérdidas. Por eso, recuerde que el cable de la antena debe ser lo más corto posible. La pérdida típica en los cables está entre 0,1 dB/m y 1 dB/m. En general, mientras más grueso y más rígido sea el cable menor atenuación presentará. Para darle una idea de cuán grande puede ser la pérdida en un cable, considere que está usando un cable RG58 que tiene una pérdida de 1 dB/m, para conectar un transmisor con una antena. Usando 3 m de cable RG58 es suficiente para perder el 50% de la potencia (3 dB).

Ganancia de antena

La ganancia de una antena típica varía entre 2 dBi (antena integrada simple) y 8 dBi (omnidireccional estándar) hasta 21 – 30 dBi (parabólica). Tenga en cuenta que hay muchos factores que disminuyen la ganancia real de una antena. Las pérdidas pueden ocurrir por muchas razones, principalmente relacionadas con una incorrecta instalación (pérdidas en la inclinación, en la polarización, objetos metálicos adyacentes). Esto significa que sólo puede esperar una ganancia completa de antena, si está instalada en forma óptima.

Pérdidas de propagación

Las pérdidas de propagación están relacionadas con la atenuación que ocurre en la señal cuando esta sale de la antena de transmisión hasta que llega a la antena receptora.

Potencia Efectiva Radiada (PER)

Potencia Isotrópica Efectiva Radiada es la potencia aparente transmitida hacia el receptor, si se asume que la señal se irradia igualmente en todas direcciones, tal como una onda esférica que procede de un punto fuente; en otras palabras, el producto aritmético de la potencia suministrada a una antena y su ganancia.

Ecuación: $PER = PEA + G_{tx} \text{ dBd}$

Campo eléctrico E (dB μ V/m)

El campo radioeléctrico se genera en abundancia para la radiocomunicación. Las medidas relacionadas con la radiocomunicación son un campo en el que las medidas se efectúan con asiduidad. Medir el campo permite deducir la eficiencia de una antena o su adecuada colocación para asegurar una zona de emisión. O medir un campo permite identificar una emisión ilegal no autorizada. Medir el campo en emisiones radioeléctricas industriales o domésticas (como la medida en un sistema de calentamiento por microondas) es otra aplicación habitual. . La energía de un campo electromagnético se mide en forma de densidad de potencia, o en unidades de W/m² (vatios por metro cuadrado).

Esta medida no se emplea en la práctica. Lo que se mide realmente es el la intensidad de campo. Se puede expresar como intensidad del campo eléctrico o la intensidad del campo magnético. La forma habitual de medida para campos radioeléctricos es la medida del campo eléctrico. Así pues, es habitual encontrar, tanto en la normativa, como en la instrumentación, las medidas de campo eléctrico expresadas en dB μ V/m. Para razones practicas de ingeniería el campo electrico se calculo mediante la siguientes ecuaciones:

$$E \text{ (dB}\mu\text{V/m)} = PER \text{ dBm} - 20\log(\text{Distancia en Km}) + 38,7$$

Para el nivel de potencia en referencia al campo eléctrico expresado en dBm se aplica la siguiente ecuación:

$$P \text{ (dBm)} = E \text{ (dB}\mu\text{V/m)} + G_{rx}(\text{dBi}) - 20\log(\text{frecuencia en Mhz}) - 77,2$$

Ganancia del sistema

En su forma más sencilla, la ganancia del sistema es la diferencia entre la potencia nominal de salida de un transmisor, y la potencia de entrada mínima requerida por un receptor. La ganancia del sistema debe ser mayor o igual a la suma de todas las ganancias y pérdidas incurridas por una señal al propagarse de un transmisor a un receptor. En esencia, representa la pérdida neta de un sistema de radio. La ganancia del sistema se usa para calcular la confiabilidad de un sistema para determinados parámetros del mismo. La ecuación de la ganancia del sistema es:

– ganancias

Donde:

G_s = ganancia del sistema (dB)

P_t = potencia de salida del transmisor (dBm)

$C_{mín}$ = potencia mínima de entrada al receptor para determinado objetivo de calidad (dBm)

La descripción matemática de la ganancia del sistema es

$G_s = P_t - \quad \quad \quad - G_t - G_r$

Ganancias:

G_t = ganancia de la antena de transmisión (dB) en relación con un radiador isotrópico

G_r = ganancia de la antena de recepción (dB) en relación con un radiador isotrópico

Pérdidas:

L_p = pérdida en trayectoria por espacio libre entre las antenas (dB)

LLB_{Tx} = pérdida de línea en el equipo transmisor (dB)

LLB_{Tx} = pérdida de línea en el equipo receptor total (dB)

F_m = margen de desvanecimiento para determinado objetivo de confiabilidad

Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE)

En sistemas de Radiocomunicación, la Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE) es la cantidad de potencia que emitiría una antena isotrópica teórica (es decir, aquella que distribuye la potencia exactamente igual en todas direcciones) para producir la densidad de potencia observada en la dirección de máxima ganancia de una

antena. La PIRE tiene en cuenta las pérdidas de la línea de transmisión y en los conectores e incluye la ganancia de la antena. La PIRE se expresa habitualmente en decibelios respecto a una potencia de referencia emitida por una potencia de señal equivalente. La PIRE permite comparar emisores diferentes independientemente de su tipo, tamaño o forma. Conociendo la PIRE y la ganancia de la antena real es posible calcular la potencia real y los valores del campo electromagnético.

$$\text{PIRE} = 10\log(\text{Ptx}) + \text{Gtx} - \text{LLB}$$

Potencia en el receptor (Prx)

Esta es la cantidad de potencia que puede ser absorbida por el receptor luego de haber sido transmitida una onda electromagnética asumiendo las pérdidas y ganancias del sistema respectivo. Para este cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Prx} = \text{Ptx} + \text{Gtx} + \text{Grx} - \text{LLBTx} + \text{LLBRx} - \text{Lp} - \text{Fm}.$$

Donde

Prx = Potencia de recepción

Ptx = Potencia de transmisión

Gtx = Ganancia de transmisión

LLBBTx = Es la pérdida en la línea de transmisión

LLBBRx = Es la pérdida en la línea de recepción

Lp = Pérdida en el espacio libre

Fm = Margen de desvanecimiento

3.3. Definición de Términos Básicos

VPN: es una tecnología de red de computadoras que permite una extensión segura de la red de área local (LAN) sobre una red pública o no controlada como Internet. Permite que la computadora en la red envíe y reciba datos sobre redes compartidas o públicas como si fuera una red privada con toda la funcionalidad, seguridad y políticas de gestión de una red privada.

IPsec: (abreviatura de *Internet Protocol security*) es un conjunto de protocolos cuya función es asegurar las comunicaciones sobre el Protocolo de Internet (IP) autenticando y/o cifrando cada paquete IP en un flujo de datos.

ISP: El proveedor de servicios de Internet (ISP, por la sigla en inglés de *Internet service provider*) es la empresa que brinda conexión a Internet a sus clientes.

PSK: La modulación por desplazamiento de fase o PSK (*Phase Shift Keying*) es una forma de modulación angular que consiste en hacer variar la fase de la portadora entre un número determinado de valores discretos.

QAM: La modulación de amplitud en cuadratura o QAM (acrónimo de *Quadrature Amplitude Modulation*, por sus siglas en inglés) es una técnica que transporta dos señales independientes, mediante la modulación de una señal portadora, tanto en amplitud como en fase.

IEEE: Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica conocido por sus siglas IEEE, leído i-triple-e en Latinoamérica o i-e-cubo en España.

BTS: Estas siglas significan estación base (en inglés: *Base Transceiver Station* (BTS)).

Ancho de banda: Una longitud, medida en Hz, es en donde se concentra la mayor parte de la potencia de la señal emitida.

SISO: Es el acrónimo en inglés de (*single input, single output*) lo que se traduce en español como una sola entrada una sola salida, un sistema de control en donde un radio utiliza un solo canal para transmitir y de igual forma para recibir.

MIMO: Es el acrónimo en inglés de *Multiple-input multiple-output* que se traduce en multiple entrada multiple salida. MIMO aprovecha fenómenos físicos como la propagación multicamino para incrementar la tasa de transmisión y reducir la tasa de error. En breves palabras MIMO aumenta significativamente la tasa de transferencia de información utilizando diferentes canales en la transmisión de datos aumentando la eficiencia espectral de un sistema de comunicación inalámbrica por medio de la utilización del dominio espacial.

CAPÍTULO IV

FASES METODOLÓGICAS

4.1 Fases metodológicas.

Fase I: Realización de un diagnóstico de la situación actual de la conexión mediante túnel VPN entre las sedes.

En esta fase se realizó el análisis de los equipos que se encuentran prestando este servicio así como el lugar donde se encuentran y las conexiones de cada uno de ellos para de esta manera tener un conocimiento pleno de su estado y una visión clara del problema a solucionar.

Fase II: estudio de las posibles soluciones que satisfagan las necesidades y requerimientos para interconectar las sedes.

En esta fase se procedió a estudiar los diferentes métodos y sistemas posibles que cuenten con las características necesarias para solucionar el problema diagnosticado en la fase anterior.

Fase III: Diseño de un enlace de microondas dedicado con las mejores prestaciones posibles para interconectar las sedes.

Seguidamente de realizarse el estudio de las posibles soluciones se procedió a diseñar un enlace microondas con las características ideales que permitan interconectar las sedes con la más alta calidad y confiabilidad de tal manera que cumpla con los objetivos que se han trazado.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Realización de un diagnóstico de la situación actual de la conexión mediante túnel VPN entre las sedes.

En esta fase, se procedió a realizar un análisis de la conexión mediante túnel VPN entre las principales sedes del Grupo Merino siendo estas Valencia y Tinaquillo, considerando también la topología lógica de la red y el estado físico y geográfico de los equipos que prestan servicio y forman parte de la red interna que transporta datos en el Grupo Merino en cada localidad, a su vez se aprovechó la oportunidad de visitar y analizar el estado del data center del proveedor de servicio de Internet de la empresa (Movistar) de donde se transporta datos hasta el CPE ubicado en la localidad Tinaquillo.

Mediante el uso de estrategias y métodos básicos de investigación se logró obtener la información necesaria del estado de conexión mediante túnel VPN entre las sedes Valencia y Tinaquillo, las cuales constaron de lo siguiente:

La mayor información fue obtenida mediante conversaciones y entrevistas con el personal perteneciente al departamento de Networking de Gmtech, quienes tienen control y acceso a las redes del Grupo Merino y son encargados de su mantenimiento y buen funcionamiento así como también es el personal que se encuentra en constante contacto con el proveedor de servicios de Internet (a través del cual se encuentra establecida la VPN entre sucursales). A través de este medio se obtuvo información de la topología de red, los equipos empleados en la misma, su localidad, fallas presentadas y plan de trabajo.

De igual forma se realizó una visita física a cada sede involucrada haciendo un levantamiento de información correspondiente a los equipos empleados, así como también se visitó el data center ubicado en Tinaquillo del ISP del Grupo Merino

logrando obtener información de los equipos que prestan servicio de transporte de datos a la empresa. En el mismo orden de ideas, se realizó una investigación sobre el tráfico de datos entre ambas sedes, las dependencias que existe una de la otra así como también el rendimiento de la comunicación en horas de mayor tráfico. Utilizando las herramientas de investigación como las entrevistas, levantamiento de información física y análisis se obtuvo la siguiente información:

- Frecuencia de falla de interconexión mediante túnel VPN.
- Equipos usados para el transporte de datos entre ambas sedes.
- Estado físico de las instalaciones del proveedor del servicio VPN.
- Equipos y servicios que deben mantener constante comunicación entre ambas sedes.
- Tráfico de datos exigido.
- Equipos utilizados para la interconexión de toda la red del Grupo Merino.
- Topología de red general.
- Cantidad de usuarios de la red.
- Rendimiento requerido en velocidades de transmisión entre ambas sedes.

La infraestructura de comunicaciones de datos del Grupo Merino se basa en redes por *site* y de núcleo colapsado, sus *sites* se encuentran distribuidos en las localidades de Valencia y Tinaquillo. La topología de red de GM en Valencia cuenta con un switch Core modelo WS-C2960X-24PS-L al cual están conectados cinco (5) switches perimetral modelos WS-C2960-24TC-L, SG 300-28P, SG220-26P-K9, WS-C2960X-24PS-L, además de un AccessPoint AIR-CAP1602I-A-K9 y un Cisco *Wireless LAN Controller* que administran y monitorean las diferentes redes *Wifi* de las localidades en cuestión.

El switch Core está conectado directamente a un router CISCO2901/K9 y al Cisco *Firepower* sobre ASA modelo 5515 encargado de asegurar el tráfico a Internet, brindar calidad de servicio, filtrar información y proveer seguridad a la red interna, el ASA a su vez está conectado al switch del ISP y de allí se establece un túnel VPN hacia la

sede en Tinaquillo. Desde el switch Core se establece conexión con un switch modelo WS-C2960X-24PS-L ubicado en Distribuidora GSC una unidad de negocio perteneciente al Grupo Merino.

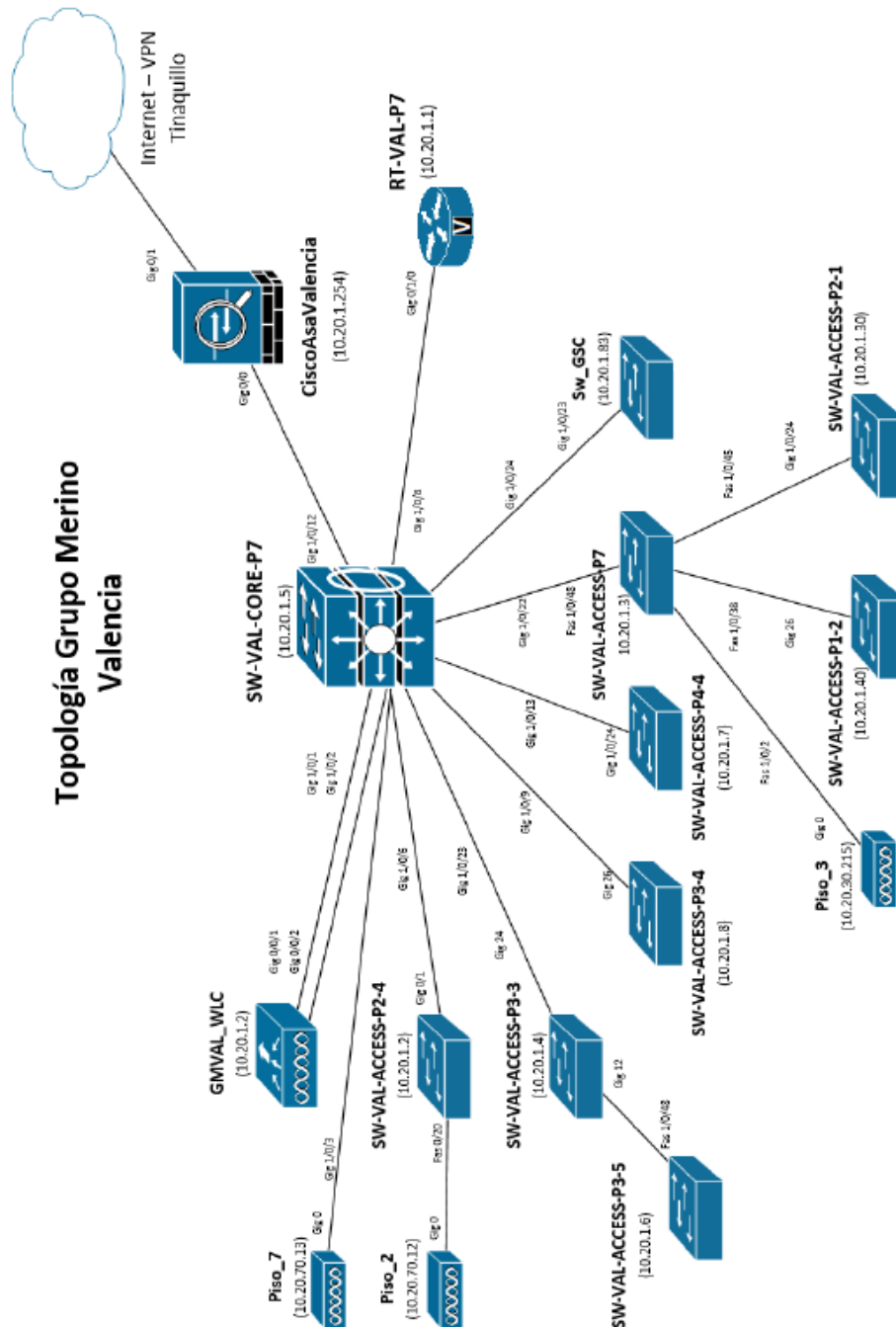


Figura 8: Topología Grupo Merino - Valencia

Fuente: Archivos Departamento Tecnología de información

Mencionada conexión se logra a través de dos enlaces de radio empleando equipos Ubiquiti PowerBeam 5AC 400, este switch se utiliza como perimetral y a él se encuentra conectados dos (2) AccessPoint modelo Cisco AIR-CAP1602I-A-K9.

A continuación se describirá la red interna de la localidad Tinaquillo, esta cuenta con una red distribuida en diferentes localidades teniendo como las principales Baruta y Mersan, siendo esta ultima la localidad donde se encuentran los equipos del proveedor de Internet (Movistar), mientras que en la sede Baruta se encuentra la torre de comunicaciones desde donde se establecen los enlaces con demás sedes del Grupo en Tinaquillo.

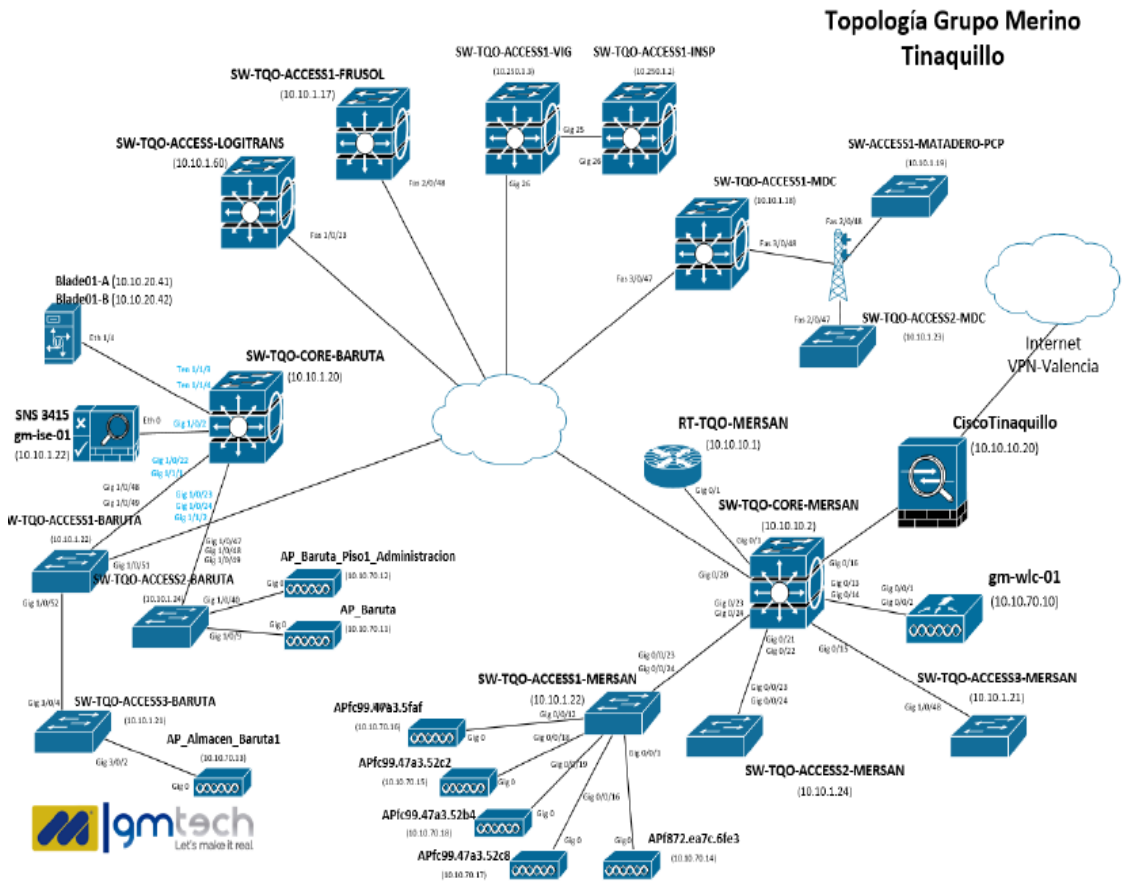


Figura 9: Topología Grupo Merino - Tinaquillo

Fuente: Archivos Departamento Tecnología de información

En la figura 10 se describe la topología de red de la sede Mersan, la misma cuenta con un switch Core modelo WS-3560X-24P, este se conecta con el ASA 5515 el cual se encarga de filtrar la información proveniente de Internet, y de la misma forma se conecta al router modelo CISCO2921/K9, también se conecta un AccessPoint modelo AIR-CT2504-K9, y además de estos equipos se conectan tres (3) switches de acceso, dos de estos modelos WS-C2960X-48FPS-L y el tercero de modelo WS-C3750-48TS. Mersan cuenta con 5 AP modelo AIR-CAP1602I-A-K9 encargados de proveer red inalámbrica en las instalaciones de la empresa, todos ellos conectados al switch de acceso uno (1).

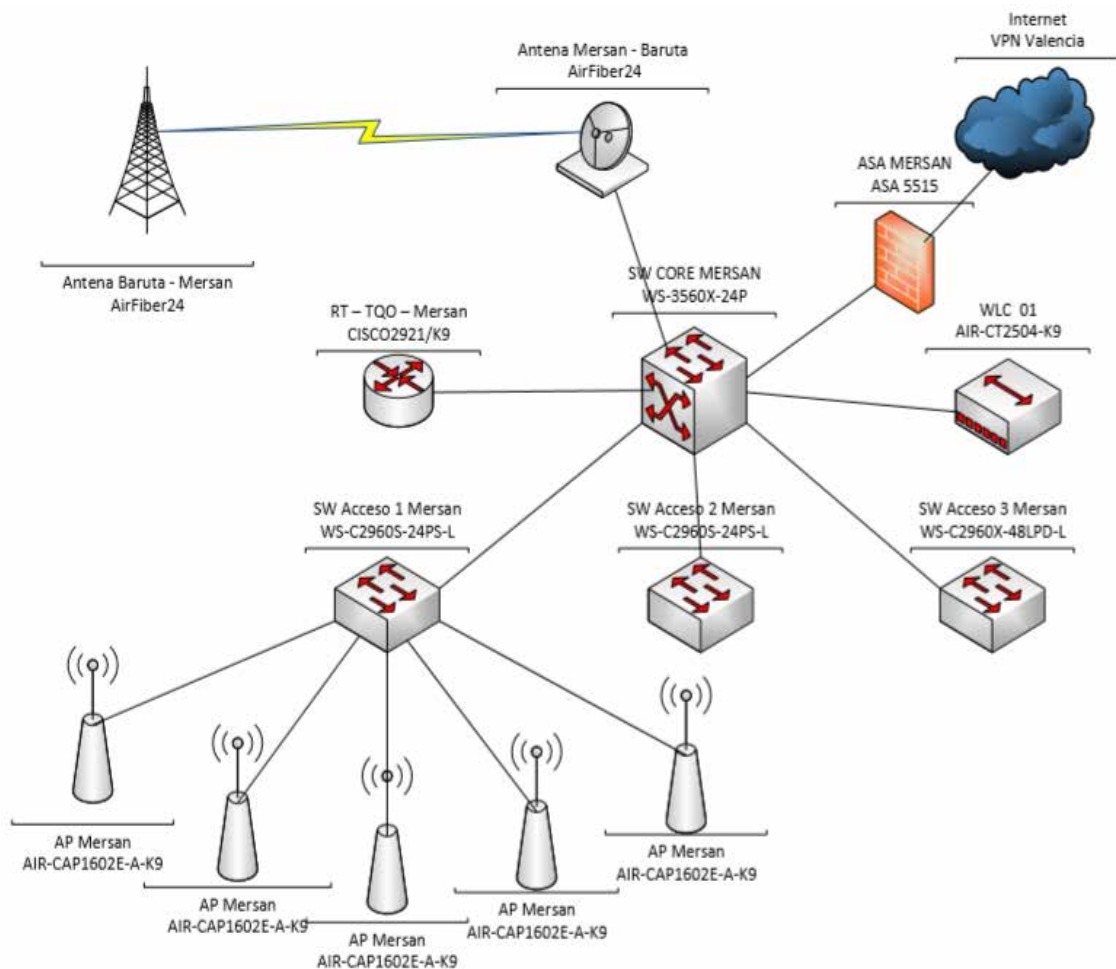


Figura 10: Topología Grupo Merino – Tinaquillo - Mersan

Fuente: El Autor

Desde esta sede se hace la conexión VPN con la sede en Valencia mediante el proveedor de Internet Movistar, el cual posee en el data center del CPE un equipo modelo CISCO 1900 *Series Integrated Services Routers* junto a un radio Ceragon. Mersan se comunica con el resto de las sedes del Grupo en Tinaquillo mediante un enlace de 800 metros de distancia en frecuencia de 24 GHz con la torre de comunicación en Baruta, empleando radios de marca Ubiquiti modelo AirFiber24 con velocidades de transmisión de hasta 1 Gbps full dúplex.

Baruta es otra de las sedes importantes del Grupo Merino en Tinaquillo, debido los equipos que en ella se encuentran y por ser el centro de comunicaciones con las demás sedes en Tinaquillo, en su cuarto de datos cuenta con un switch Core modelo SW-C3850-24T al cual se encuentran conectados dos switch perimetrales modelos WS-C2960X-48FPS-L, servidores HPE MSA 2040 y CISCO *Secure Network Server* 3415, además cuenta con tres Access Point modelo AIR-CAP1602I-A-K9 conectados dos de ellos al switch de acceso dos (2) y uno conectado al switch de acceso tres (3), este último conectado al switch de acceso uno (1) mediante fibra óptica.

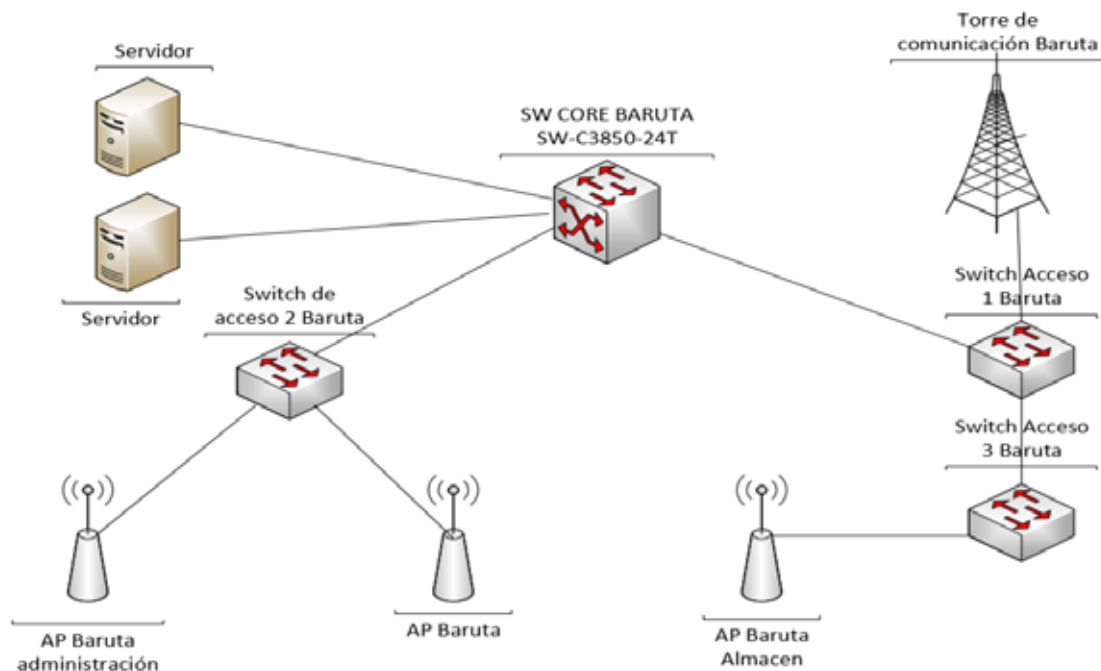


Figura 11: Topología Grupo Merino – Tinaquillo - Baruta

Fuente: El autor

Al switch de acceso uno (1) se conecta un EdgePoint de marca Ubiquiti mediante fibra óptica multimodo, este es un equipo con características de switch capaz de funcionar a la intemperie bajo las condiciones que esto implica, ubicado en la torre de comunicaciones, a él se conectan cinco (5) antenas de marca Ubiquiti modelos AirFiber 24, PowerBeam 5AC 620, PowerBeam 5AC 400, PowerBeam M5 400, antenas empleadas para enlaces de radios que logran comunicación con las demás sedes de Tinaquillo de GM.

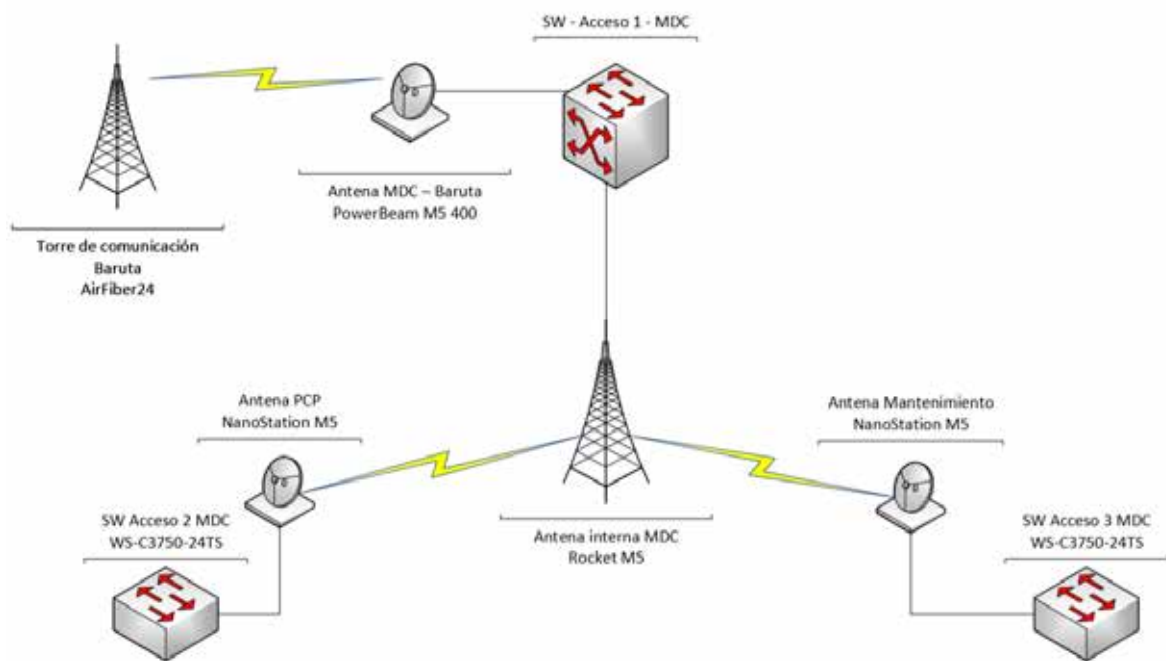


Figura 12: Topología Grupo Merino – Tinaquillo - MDC

Fuente: El autor

Mediante un enlace en frecuencia de 5110 MHz utilizando antenas Ubiquiti modelo PowerBeam M5 400 se logra la conexión con Matadero del Campo, otra de las sedes en Tinaquillo del Grupo Merino, la misma cuenta con switch de acceso, llamado sw-access1-MDC modelo WS-C3750-48TS a él se conectan los equipos terminales de las instalaciones del sitio, a su vez internamente Matadero del Campo cuenta con una antena Rocket M5 Ubiquiti operando en modo *AP Repeater*, a esta se conectan dos (2) antenas modelo NanoStation M5 ubicadas en la caseta de vigilancia conectada a un switch modelo WS-C3750-24TS y al departamento de mantenimiento el cual se

conecta a un switch modelo WS-C3750-24TS respectivamente tal como se muestra en la figura 12.

De igual forma se aprecia en la figura 13 la topología de red de otra de las sedes de Grupo Merino en Tinaquillo. La Fuente es una de las sedes en construcción del GM por tal razón su estructura de red es básica actualmente pero con la intención de crecer en gran escala, su comunicación con el resto de las sedes se realiza mediante un enlace de radio empleando antenas Ubiquiti modelo PowerBeam 5AC 620, conectándose a un switch modelo SG350-28P, internamente en la sede se cuenta con un enlace hacia el contenedor de inspección mediante antenas modelo PowerBeam 5AC 400 que comunican con un switch modelo SG350-28P.

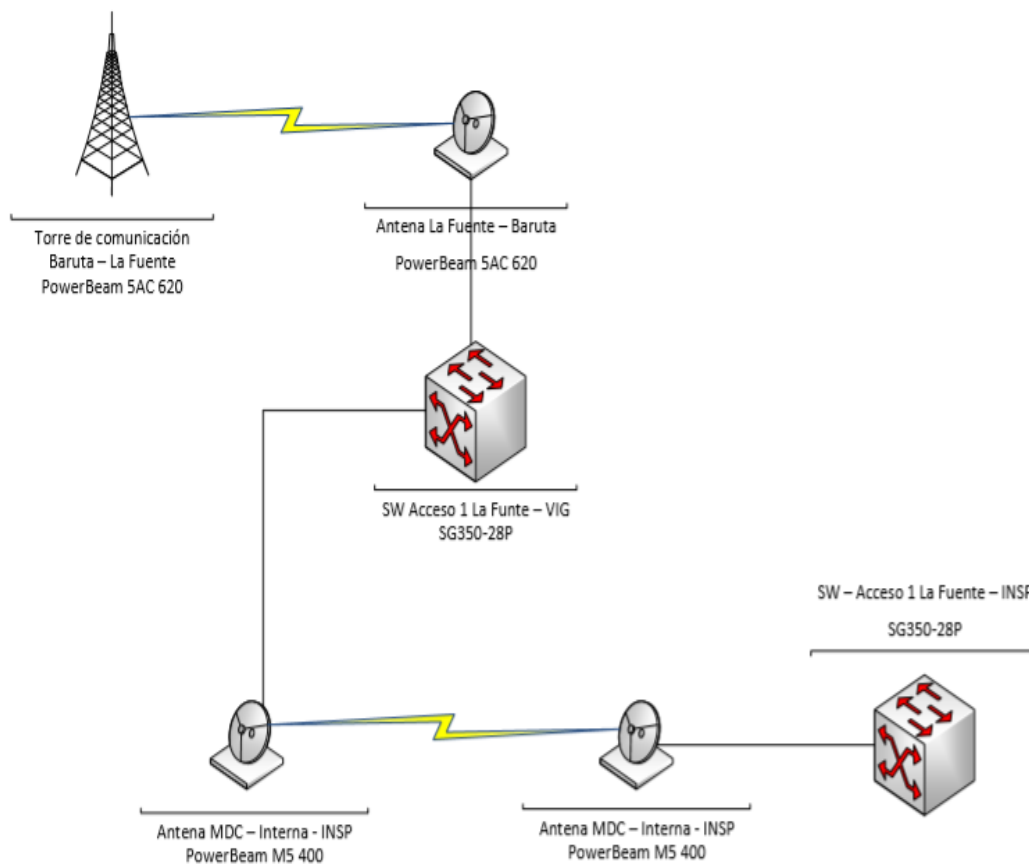


Figura 13: Topología Grupo Merino – Tinaquillo – La Fuente

Fuente: El autor

Grupo Merino cuenta con dos (2) sedes más en Tinaquillo, que se comunican de la misma forma que las anteriores, empleando antenas modelo PowerBeam 5AC 400 en el caso de Frusol y de allí conectándose a un switch de acceso modelo WS-C3750-48TS encargado de proporcionar puntos de red a las oficinas de la empresa. Utilizando el mismo método con antenas modelos PowerBeam M5 400 la sede Logitrans se comunica con Baruta y el resto de las sedes, cuenta con switch modelo WS-C3750-24TS y a él se conecta un AccessPoint Ubiquiti modelo Indoor 802.11n para brindar red inalámbrica a las instalaciones.

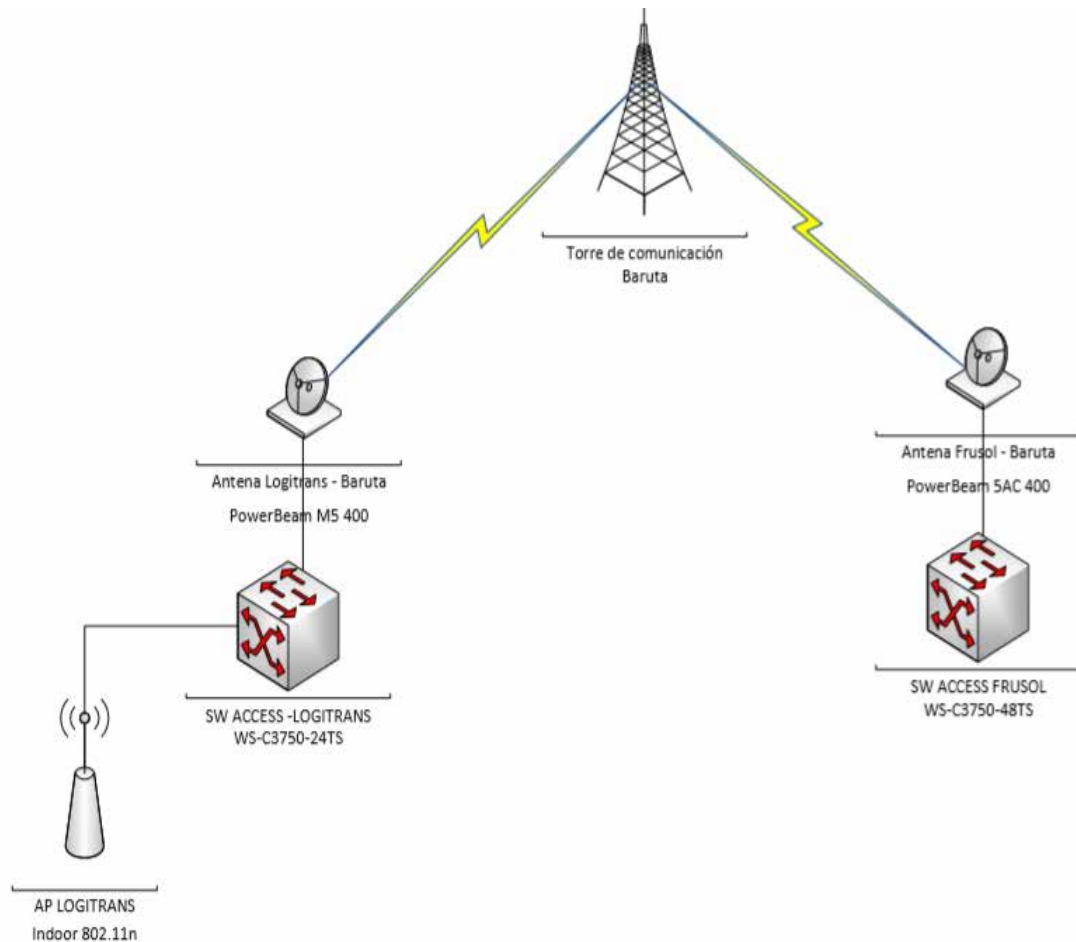


Figura 14: Topología Grupo Merino – Tinaquillo – Frusol - Logitrans

Fuente: El autor

Grupo Merino logra comunicar sus sedes en Valencia y Tinaquillo mediante un túnel VPN a través de su ISP Movistar empleando radios de marca Ceragon con antenas RFS para el transporte de datos hacia la empresa. La comunicación entre estas sedes es de gran importancia debido a los servicios que poseen, existen servidores en ambas sedes a los que se les debe tener acceso desde cualquier localidad con la mayor velocidad posible, de esto depende el correcto funcionamiento de ciertas operaciones del Grupo.

Otro de los servicios que demanda una buena interconexión entre sedes es la telefonía VoIP importante dentro del grupo debido a la distancia que existe entre sedes, servicio que funciona si el estado de la VPN es de alto rendimiento. Durante las investigaciones se apreció la caída de servicio por parte del proveedor en repetidas ocasiones durante varias horas hasta ser repuesto el servicio, incluso se presencié una caída de servicio la cual permaneció por alrededor de siete (7) días, incomunicando las sedes principales de Valencia y Tinaquillo, causando a su vez una gran dificultad en las operaciones de Grupo Merino.

Se tuvo la oportunidad de visitar el data center del ISP Movistar en el cerro el Amparo desde donde se transmite datos, con la finalidad de brindar apoyo a los técnicos de Movistar en la solución de la caída del servicio de Internet, hallando la causa del problema en el radio de comunicación y cuya solución fue el cambio del mismo en esa ocasión, Además los equipos en funcionamiento requerían de mantenimiento. Se pudo apreciar que este sitio ha sido saqueado en varias oportunidades, siendo objeto de hurto en repetidas ocasiones, lo que fácilmente se transforma en causas de fallas en el sistema.

La caída de este servicio ha ocurrido frecuentemente en los últimos años con un promedio de dos fallas al mes con algunas excepciones. Adicional a esto, las velocidades de transmisión entre las sedes suele ser insuficiente debido al crecimiento de la empresa y a la cantidad de usuarios que posee la misma, en la actualidad el túnel VPN cuenta con una conexión de 12 Mbps, velocidad que por lo general baja a 5 Mbps o incluso por debajo de esta velocidad, por lo genera la necesidad de un transporte de

datos más fiable y de mayor rendimiento. Considerando el número de usuarios que hacen uso de la comunicación entre sedes, y debido al crecimiento de la empresa se precisa un servicio de transmisión de mayor velocidad en modo Full dúplex.

5.2 Fase II: estudio de las posibles soluciones que satisfagan las necesidades y requerimientos para interconectar las sedes.

Para interconectar las sedes del Grupo Merino existe como alternativas posibles:

5.2.1 Fibra óptica

La fibra óptica de hoy constituye uno de los medios de transmisión más eficaces y de los que brindan mayores velocidades, esto según el tipo de fibra óptica que se use, puede cubrir áreas muy extensas manteniendo un gran ancho de banda y bajas pérdidas lo que te asegura una transmisión de datos más robusta. Son el medio de transmisión por cable más avanzado, al ser inmune a las interferencias electromagnéticas, y también se utilizan para redes locales donde se necesite aprovechar las ventajas de la fibra óptica sobre otros medios de transmisión.

Ventajas

Su principal ventaja es el ancho de banda de paso que permite flujos muy elevados en orden de los GHz, con un volumen de tamaño bajo y gran flexibilidad y ligereza, además tiene inmunidad total de las perturbaciones de origen electromagnético, lo que implica un calidad de transmisión muy estable y no genera interferencia con otros sistemas de transmisión. Es insensible a señales parasitas, lo que se traduce en que la fibra óptica no es afectada por cables de energía eléctrica y esto permite la coexistencia de ambos por los mismos conductos. Proporciona comunicaciones hasta 70 Km antes de que sea necesario regenerar la señal, ya que su atenuación es muy pequeña independientemente de la frecuencia, llegando a extenderse a 150 Km utilizando amplificadores láser.

Desventajas

Una de las principales desventajas de la fibra óptica es el alto costo de su implementación, además son muy frágiles y los empalmes son difíciles de realizar,

especialmente en el campo, lo que dificulta las reparaciones en caso de ruptura del cable. La fibra óptica convencional no puede transmitir potencias elevadas ni transmitir electricidad esto limita su aplicación donde el terminal de recepción debe ser energizado desde una línea eléctrica. Es afectada por el agua ya que esta corroe la superficie del vidrio y resulta ser el mecanismo más importante para el envejecimiento de la fibra óptica.

5.2.2 Enlaces Satelitales

Son uno de los primeros sistemas de comunicación entre puntos distantes utilizados. Por muchos años fue una de las soluciones más atractivas, por su gran cobertura y fácil instalación. Esta tecnología incluye la puesta en órbita de un satélite artificial el cual sirve de puente visual entre la estación transmisora y la receptora. Para mantener lo más fijo posible el satélite con respecto a la tierra, éste se ubica sobre una órbita geoestacionaria llamada “Cinturón de clark”. Esta orbita está a una altura aproximada de 36000 Km de altura sobre la superficie de la tierra. Las comunicaciones satelitales utilizan como portadora, señales de microondas (muy pequeñas), para transmitir los datos hasta el satélite y desde éste hasta la tierra, El enlace de subida se llama “Up Link” y el de baja “Down link”.

Ventajas

Las transmisiones en enlaces satelitales son realizadas a altas velocidades en Giga Hertz lo que te brinda un alto rendimiento en la transmisión de datos, además cuenta con una fácil instalación. El uso de este medio te permite transmitir datos a cualquier lugar del planeta, rompen las distancias y el tiempo.

Desventajas

El ancho de banda es muy costoso, este sistema involucra satélites que prestan servicio en el espacio, con un tiempo de vida entre 10 a 15 años. Una vez superado deben ser sustituidos por otros satélites que cubran las mismas funciones. Esto produce inversiones constantes de alto costo no fáciles de asumir. Lo que con lleva a analizar muy bien este factor antes de tomar una decisión por esta tecnología.

5.2.3 Metro Ethernet

Es una arquitectura de red de banda ancha que está destinada para redes metropolitanas, de alta velocidad. Estas redes soportan una amplia gama de servicios, aplicaciones, incluyendo soporte a tráfico en tiempo real, como puede ser telefonía IP y video IP, tráfico que resulta especialmente sensible a retardo. Es una tecnología empleada para conectar a varias LANs separadas por grandes distancias geográficas.

Ventajas

Este sistema permite ofrecer un ancho de banda alto a bajo costo garantizando una red privada con conexión sencilla, con velocidades de transmisión de hasta 10 Gbps y bajos costos en la implementación de la infraestructura

Desventajas

Actualmente la empresa que brinda servicio Metro Ethernet no tiene la capacidad de brindar un servicio de alta calidad y fiabilidad, además su equipo de mantenimiento y de respuesta a fallas es muy deficiente. No es una red muy segura debido a que se puede dar accesos entre usuarios ya que emplean el mismo medio.

5.2.4 Enlaces microondas

Es un medio de transmisión de datos o voz que emiten señales usando como medio la atmosfera terrestre, no necesita de un medio físico para transmitir, provee conectividad entre dos sitios con línea de vista en frecuencias desde 300 MHz hasta los 300GHz, para una mejor emisión y recepción estos se encuentran en la cima de torres, para radioenlace se usan equipos de radio con frecuencias de portadora por encima de 1 GHz, pudiendo transmitir información a grandes velocidades según los equipos que se empleen, su implementación es de bajo costo y en corto tiempo. Se utiliza comúnmente para transmitir información entre localidades que recorren largas distancias con la posibilidad de instalar repetidores y poder llegar a distancias remotas.

Ventajas

Son considerablemente más económicos, con fácil y rápida instalación, el mantenimiento de las mismas es de bajo costo y de actuación rápida. Puede transmitirse por la atmosfera terrestre lo que te permite superar irregularidades de terreno que suelen

ser las limitaciones más comunes, pudiendo llegar a cualquier ubicación geográfica, la calidad y velocidades de transmisión son regulaciones que se aplican a los equipos de trabajo ya que las características del medio de transmisión son esencialmente constantes en el ancho de banda. Los enlaces microondas pueden brindar velocidades altas, incluso mayores a 2 Gbps.

Desventajas

Para poder transmitir información el emisor y receptor deben tener línea de vista directa, se debe tener acceso adecuado a las estaciones repetidoras, además se debe contar con equipos de alta potencia para transmitir información a largas distancias. Las adecuaciones correctas para estaciones de telecomunicaciones en algunos casos generan altos costos.

5.2.5 Elección de la mejor alternativa para la interconexión entre sedes

Para elegir la solución más productiva e idónea se procedió a realizar una evaluación de distintas variables tales como el rendimiento que brinda cada posible solución, el costo de la misma y el tiempo de ejecución y puesta en servicio. Al ver la compatibilidad con los recursos de la empresa, se decidió proponer una interconexión mediante el uso de enlaces microondas, debido al bajo costo que implica y a la posibilidad de utilizar equipos de bajo costo con buen rendimiento y altas velocidades de transmisión, por otra parte entre ambas sedes existe una distancia muy larga con grandes dificultades de terreno ya que existen montañas de por medio por lo que el uso de enlaces microondas soluciona esta limitante de manera más económica que al emplear otras soluciones, además de esto el Grupo Merino cuenta con propiedades en puntos estratégicos para la instalación de enlaces microondas lo que conlleva a una inversión menos.

5.3 Fase III: Diseño de un enlace de microondas dedicado con las mejores prestaciones posibles para interconectar las sedes.

Para realizar la interconexión entre las sedes se establecerán tres enlaces, involucrando puntos geográficos estratégicos con la altura necesaria para lograr obtener una línea de vista clara entre las ciudades. Desde la Torre A1 en Valencia se

hace un enlace hasta el cerro Copey, debido a su posición geográfica este cerro se convierte en la posición más estratégica para la instalación de un enlace, este a su vez se enlaza con cerro el Amparo, luego de realizar una investigación de los posibles cerros cercanos a la localidad, este último posee la altura necesaria para lograr un línea de vista y se encuentra en la distancia más cercana a los puntos de interés, seguidamente se realiza un enlace desde cerro el Amparo hasta la torre de comunicaciones en Baruta, Tinaquillo. De manera que la red de transporte de datos se establecerá según la figura 15. Esta figura fue obtenida mediante el programa de simulación de cobertura radioeléctrica Xirio-online.

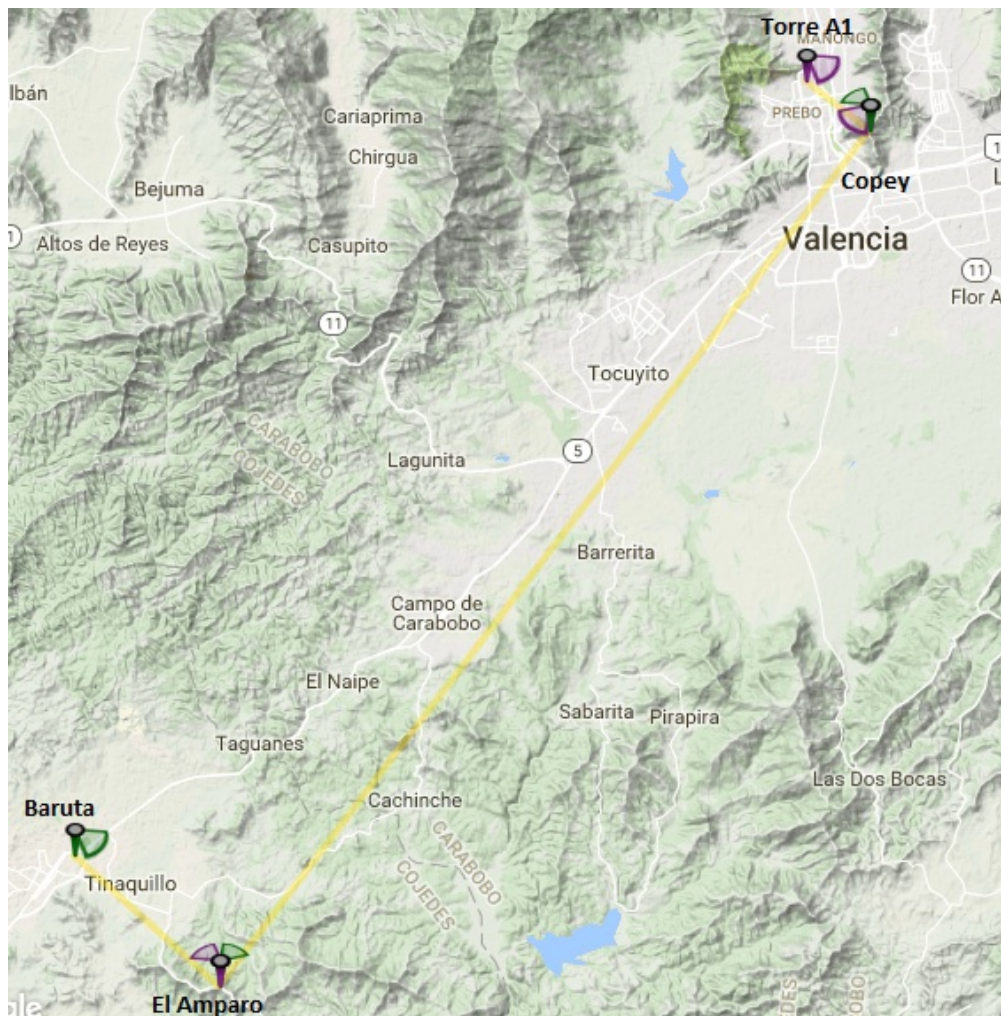


Figura 15: Red Baruta – Torre A1

Fuente: El autor

5.3.1 Descripción de equipos

Radio AirFiber 11FX

Es un radio perteneciente a la marca Ubiquiti, este equipo trabaja en la frecuencia 11 GHz una frecuencia licenciada, se decidió trabajar en frecuencias licenciadas debido a las ventajas que esta ofrece, ya que al trabajar en frecuencias licenciadas previamente solicitada al ente regulador, permite el uso exclusivo de esa frecuencia, reduciendo considerablemente problemas de interferencia que pueden disminuir la calidad de un enlace, y así mismo permite contar con mayor ancho de banda y mayor velocidad de transmisión.

Este equipo cuenta con la funcionalidad de usar canales en modo simple SISO (*single input, single output*, una sola entrada una sola salida) o enlazado MIMO (*Multiple-input multiple-output* que se traduce en múltiple entrada múltiple salida), mediante el empleo de una sola antena parabólica para transmitir y recibir, esto se logra a través de dos duplexores con los que cuenta este equipo. El AF-11FX también presenta diferentes tamaños de ancho de canal para adaptarse a sus necesidades de implementación, y se puede configurar de manera independiente las frecuencias de transmisión y recepción. Cuenta con dos duplexores en dos rangos de frecuencia, este equipo abarca las frecuencias desde (10700 – 11700) MHz. Es un equipo diseñado para largas distancias y aplicaciones de redes a la intemperie, con un rendimiento máximo de 1.2 Gbps y rango máximo de 300 Km.



Figura 16: AirFiber AF – 11FX

Fuente: <https://www.ubnt.com/airfiber/airfiber-11fx/>

A continuación se muestra una lista de las características más importantes del equipo:

- Puerto de dato 10/100/1000 Ethernet
- Rendimiento 1.2 Gbps
- Modos inalámbricos SISO/MIMO
- Modulación 1024QAM
- Procesador INVICTUS 2 IC
- Máximo consumo de energía 36W
- rendimiento
- Duplexores

Low-Band Duplexer

Low Channel: 10.700 to 10.955 GHz

High Channel: 11.200 to 11.445 GHz

00High-Band Duplexer

Low Channel: 10.940 to 11.200 GHz

High Channel: 11.440 to 11.700 GHz



Figura 17: Duplexores AF – 11FX

Fuente: https://dl.ubnt.com/datasheets/airfiber/airFiber_AF-11FX_DS.pdf

Cabe destacar que para la aplicación de este proyecto se debe trabajar con duplexores en High Band, debido a que estos trabajan en las frecuencias que coinciden con las canalizadas por el ente regulador CONATEL, así mismo se debe adquirir un segundo duplexor High Band para poder contar con la funcionalidad de canales enlazados o transmisión Full Duplex ya que el equipo solo provee un duplexor. Para obtener información más detallada del equipo ver anexo A.

Antena Air Fiber 11G35

Esta es una antena de Ubiquiti Networks diseñada para trabajar en la banda licenciada 11GHz. Ideal para el radio AF-11FX, ofrece SISO o 2x2 MIMO, rendimiento de doble polaridad. Este modelo incorpora un diseño de reflector para una excelente directividad del haz, presenta un diseño mecánico robusto utilizando hardware de resistencia industrial para uso en aplicaciones al aire libre. Tiene un soporte incorporado para el radio AF-11FX por lo que no requiere herramientas especiales, además la antena cuenta un diseño a prueba de todo tipo de clima.



Mounting the AF-11FX on the AF-11G35

Figura 18: AF – 11G35

Fuente: https://dl.ubnt.com/datasheets/airfiber/airFiber_AF-11G35_DS.pdf

Su rango de frecuencia se encuentra entre 10.3-11.7 GHz y posee una ganancia de 35 dBi lo que permite establecer enlaces de larga distancia con la mejor actuación. Puede soportar vientos de hasta 200 km/h y tiene además 2.5° grados verticales y 2.5° grados horizontales en ancho de haz de señal.

A continuación se muestran las características principales de la antena, para más información ver el anexo B.

- Antena parabólica
- Dimensiones \varnothing 811 x 460 mm (\varnothing 31.9 x 18.1")
- Peso 11.85 kg
- Rango de frecuencia 10.3-11.7 GHz
- Ganancia 35 dBi
- Max. VSWR 2:1
- Supervivencia del viento 200 km/h.



Figura 19: AF – 11G35

Fuente: https://dl.ubnt.com/datasheets/airfiber/airFiber_AF-11G35_DS.pdf

5.3.2 Descripción de los enlaces utilizando software Radio Mobile y Xirio-online

Para la creación de esta red privada se necesita el diseño de tres enlaces debido a la distancia entre las sedes del Grupo y por la dificultad del terreno, de manera que en sentido Valencia – Tinaquillo los enlaces quedan en el siguiente orden:

- Torre centro A1 – Cerro Copey
- Cerro Copey – Cerro el Amparo
- Cerro el Amparo – Baruta

Localidad	Coordenadas
Torre centro A1	Latitud: 10° 13' 06,2'' N Longitud: 068° 00' 48,1'' O
Copey	Latitud: 10° 11' 56,8'' N Longitud: 067° 59' 18,2'' O
Cerro el Amparo	Latitud: 09° 52' 31,4'' N Longitud 068° 15' 22,2'' O
Baruta	Latitud: 09° 55' 23,7'' N Longitud: 068° 17' 47,6'' O

Tabla 1: Coordenadas de las localidades

Fuente: El Autor

Seguidamente para la simulación y cálculo de los enlaces se hizo empleo del software Radio Mobile el cual brinda una serie de características y resultados muy importantes para el diseño de estos enlaces. Estos resultados son arrojados una vez se haya ingresado los datos pertinentes, para empezar se debe ingresar en propiedades de la red, es allí donde se ingresaran la mayoría de los datos necesarios, tales como la frecuencia mínima y máxima de trabajo en MHz, la polarización a utilizar y el clima de la zona geográfica. Así mismo se ingresa el tipo de topología que se desea trabajar, se escogen las unidades que formaran parte de esta red, para agregarlas se debe ingresar en propiedades de las unidades e ingresar el nombre y las coordenadas del sitio. Luego de escoger los sitios en propiedades de la red se elige el rol del miembro de la

red y el sistema a utilizar, en sistemas se ingresan los parámetros faltantes, la potencia del transmisor, el umbral de recepción, tipo de antena, ganancia, altura de la antena y la pérdida adicional del cable. De manera que al ingresar todos los datos descritos anteriormente y realizar el cálculo de enlace arroja los resultados y el perfil del enlace, tal como se muestra en la figura 21. Para visualizar las torres involucradas en los enlaces ver anexo C.

Torre centro A1 – Cerro Copey

Debido a su posición geográfica este enlace resulta ser sencillo, con una distancia de 3,31 km, la torre A1 se encuentra ubicada cerca de la avenida Bolívar de la ciudad de Valencia, específicamente en la calle 149 de la urbanización Carabobo, una zona poblada con poco relieve, esta torre cuenta con una altura de al menos 40 metros y un mástil de 2 metros aproximadamente, altura suficiente para superar obstáculos que pueden encontrarse en la ciudad, así mismo el cerro Copey se encuentra a una altura de 763 metros sobre el nivel del mar, y con vista clara hacia el lugar de interés.

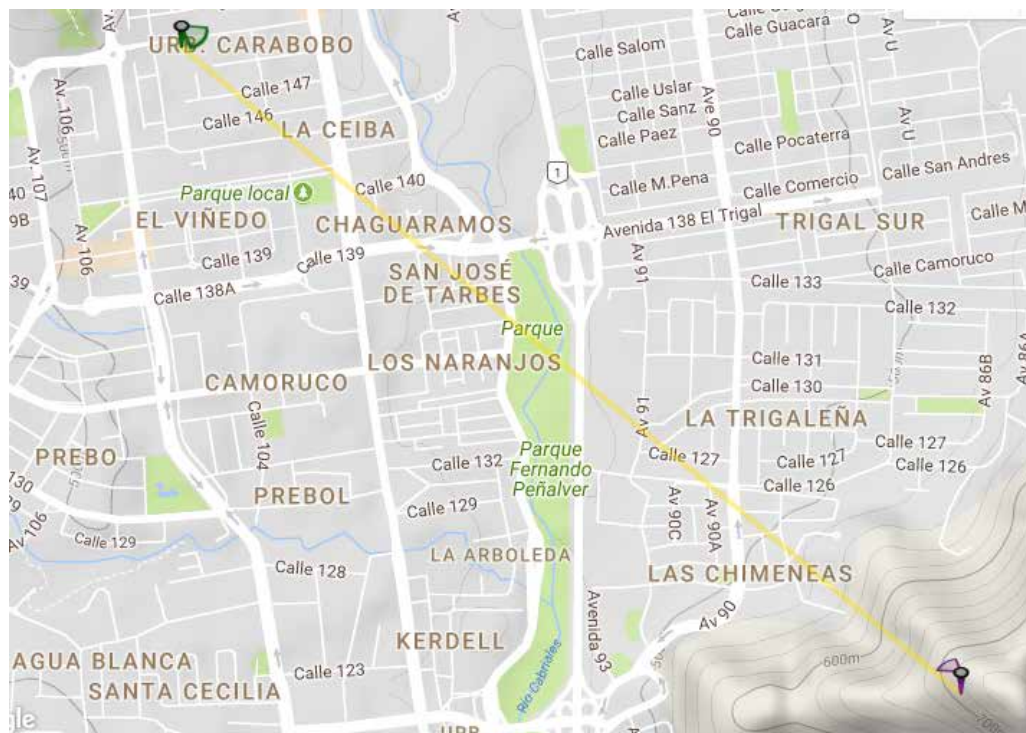


Figura 20: Enlace Centro A1-Copey

Fuente: El autor

Para la interconexión se diseñó el enlace haciendo empleo del radio AF-11FX junto a una antena AF-G35, para cada una de las localidades, a pesar de no estar a una larga distancia es preciso mantener velocidades de transmisión altas en las estaciones posibles. Cabe mencionar que para poder realizar el cálculo del enlace entre estas localidades se procedió a ingresar los datos necesarios para el cálculo, siguiendo el procedimiento detallado en la sección anterior. Datos ingresados:

- Propiedades de la unidad (coordenadas de ambas localidades)
- Frecuencia mínima: 10700MHz
- Frecuencia máxima: 11700MHz
- Potencia del transmisor: 30 dBm
- Umbral de recepción: -69dBm
- Ganancia de la antena: 35 dBi
- Altura de la antena: Copey 25 m, Torre A1 40 m

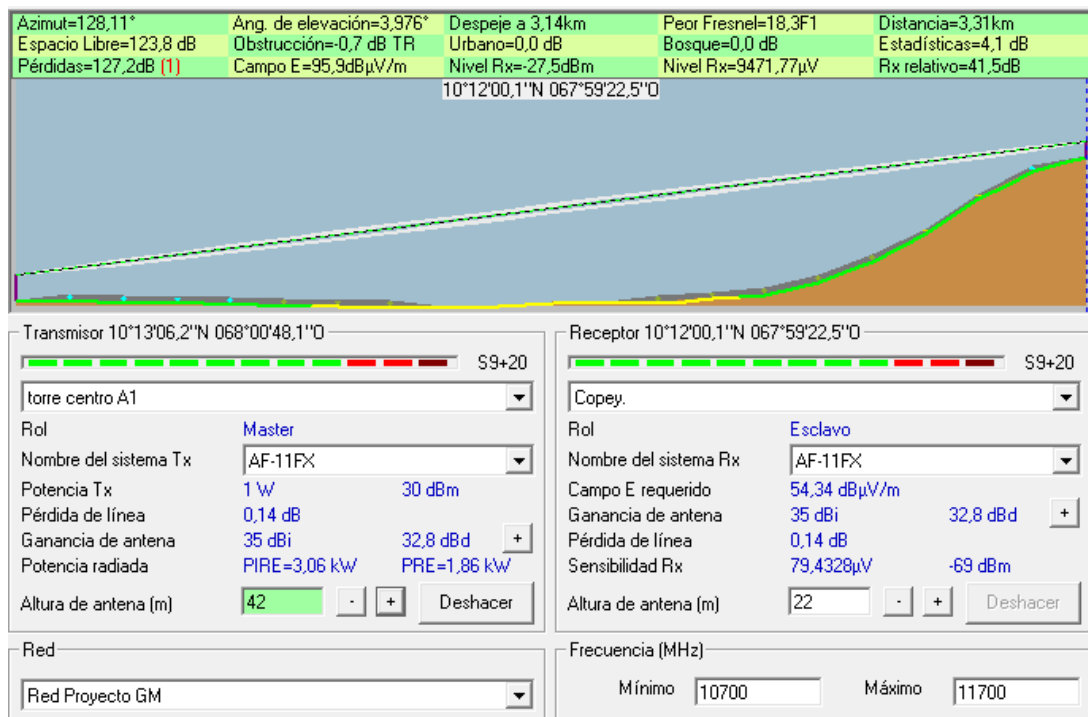


Figura 21: Perfil Centro A1-Copey

Fuente: El autor

La distancia entre torre centro A1 y Copey, es 3,3 km (2,1 miles)
 Azimut norte verdadero = 128,11°, Azimut Norte Magnético = 139,63°, Ángulo de elevación = 3,9756°
 Variación de altitud de 270,9 m
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 18,3F1 a 3,1km
 La frecuencia promedio es 11200,000 MHz
 Espacio Libre = 123,8 dB, Obstrucción = -0,7 dB TR, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 4,1 dB
 La pérdida de propagación total es 127,2 dB
 Ganancia del sistema de torre centro A1 a Copey, es de 168,7 dB (AF-24Tx-Hpol.ant a 128,1 °3,98° ganancia = 35,0 dBi)
 Ganancia del sistema de Copey, a torre centro A1 es de 168,7 dB (AF-24Tx-Hpol.ant a 308,1 °-4,01° ganancia = 35,0 dBi)
 Peor recepción es 41,5 dB sobre el señal requerida a encontrar
 50,000% de tiempo, 50,000% de ubicaciones, 70,000% de situaciones

Figura 22: Enlace Centro A1-Copey resultados

Fuente: El autor

A través de la visualización de la gráfica arrojada por Radio Mobile (Figura 22) podemos observar en los resultados un margen dinámico de 41,5 dB el cual indica una buena recepción respecto al umbral considerado.

Cerro Copey – Cerro el Amparo

Este enlace representa la conexión de más larga distancia propuesto en el diseño con una distancia de 45,55 km, ambos puntos de transmisión se encuentran ubicados en zonas geográficas montañosas con un acceso de cierto nivel de dificultad. Para poder llegar a la ubicación de cerro el amparo es necesario el transporte vehicular rustico, sin embargo su ubicación y altura brindan grandes beneficios.



Figura 23: Enlace Copey – Amparo

Fuente: El autor

A pesar de ser el enlace de más grande distancia cuenta con un diseño que incluye el mismo radio AF-11FX con antena Ubiquiti AF-G35, antena de gran calidad capaz de brindar la ganancia necesaria para alcanzar un nivel de recepción aceptable en el enlace. De la misma forma que el cálculo del enlace anterior se realizaron los pasos para ingresar los datos correspondientes con la finalidad de conseguir la simulación del enlace su perfil y los resultados mediante el software Radio Mobile.

- Propiedades de la unidad (coordenadas de ambas localidades)
- Frecuencia mínima: 10700MHz
- Frecuencia máxima: 11700MHz
- Potencia del transmisor: 30 dBm
- Umbral de recepción: -83dBm
- Ganancia de la antena: 35 dBi
- Altura de la antena: Copey 23 m, Amparo 27 m

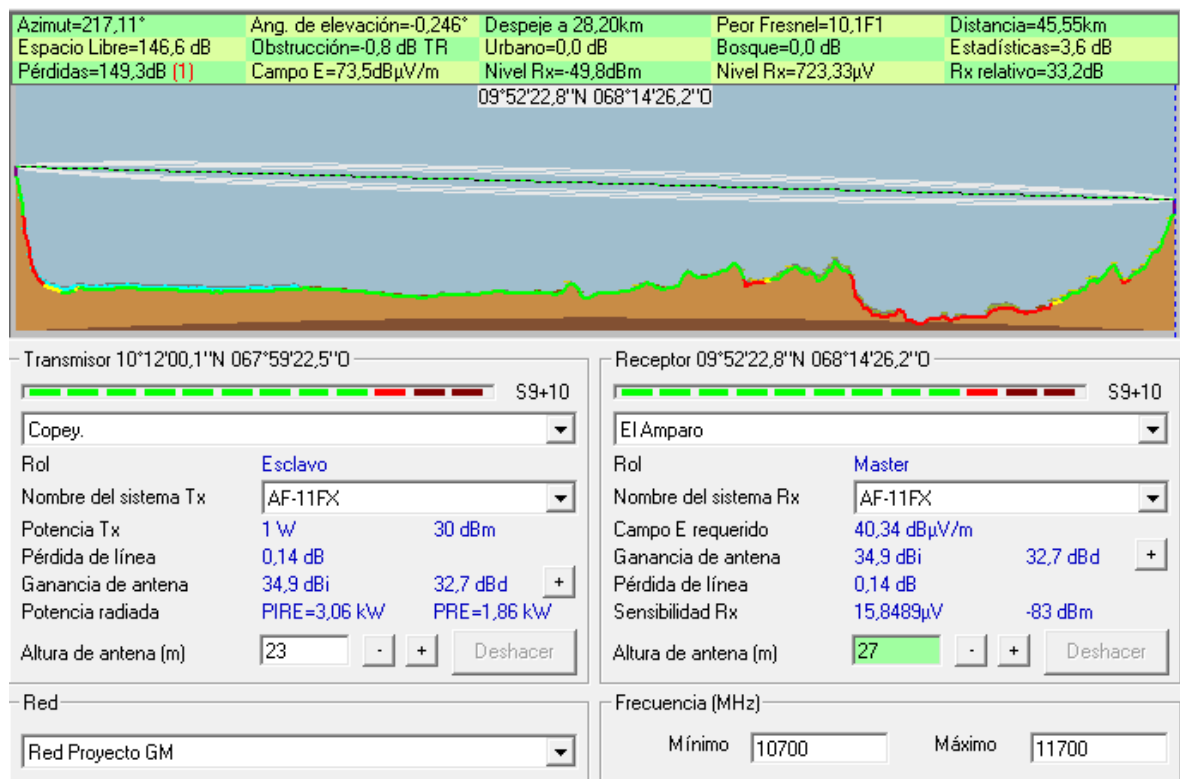


Figura 24: Perfil Copey – Amparo

Fuente: El autor

La distancia entre Copey. y El Amparo es 45,5 km (28,3 miles)
 Azimut norte verdadero = 217,11°, Azimut Norte Magnético = 228,63°, Angulo de elevación = -0,2458°
 Variación de altitud de 365,5 m
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 10,1F1 a 28,2km
 La frecuencia promedio es 11200,000 MHz
 Espacio Libre = 146,6 dB, Obstrucción = -0,8 dB TR, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 3,6 dB
 La pérdida de propagación total es 149,3 dB
 Ganancia del sistema de Copey. a El Amparo es de 182,7 dB (AF-24Tx-Hpol.ant a 217,1 °-0,25° ganancia = 35,0 dBi)
 Ganancia del sistema de El Amparo a Copey. es de 182,7 dB (AF-24Tx-Hpol.ant a 37,1 °-0,16° ganancia = 35,0 dBi)
 Peor recepción es 33,4 dB sobre el señal requerida a encontrar
 50,000% de tiempo, 50,000% de ubicaciones, 70,000% de situaciones
 Advertencia 1

Figura 25: Resultados Copey – Amparo

Fuente: El autor

Como se puede apreciar en la figura 22 existe una línea de vista libre de obstáculos con un margen de 33,2 dB del umbral de recepción.

Cerro el Amparo – Baruta

Entre estas localidades existe una distancia de 8,26 km, lo que lo convierte en el segundo enlace más largo entre los perfiles propuestos, cuenta con una zona montañosa en los primeros 3 km debido a la pendiente del cerro el Amparo, Baruta se encuentra en una zona plana de 433 metros sobre el nivel del mar, ubicada en la zona industrial de Tinaquillo.

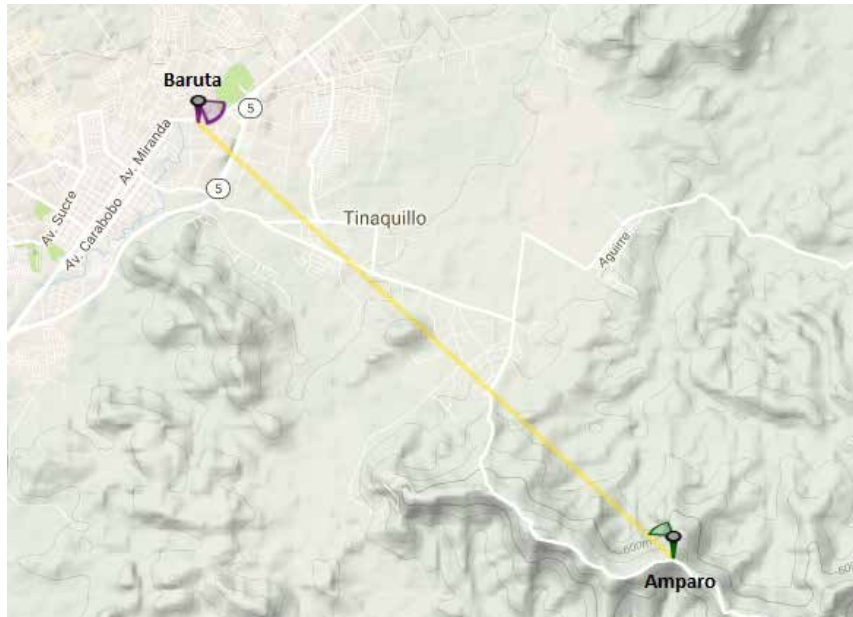


Figura 26: Enlace Amparo - Baruta

Fuente: El autor

Al igual que los perfiles anteriores su diseño esta propuesto con los mismos equipos Ubiquiti de alto rendimiento, AF-11FX y antenas de 35dBi AF-G35, la idea principal de utilizar los mismos equipos en cada enlace que conforma esta interconexión es la de mantener la fiabilidad y el alto rendimiento deseado en cada tramo que lo compone. A continuación los parámetros ingresados en Radio Mobile para el cálculo del perfil.

- Propiedades de la unidad (coordenadas de ambas localidades)
- Frecuencia mínima: 10700MHz
- Frecuencia máxima: 11700MHz
- Potencia del transmisor: 30 dBm
- Umbral de recepción: -69dBm
- Ganancia de la antena: 35 dBi
- Altura de la antena: Amparo 28 m, Baruta 18 m.

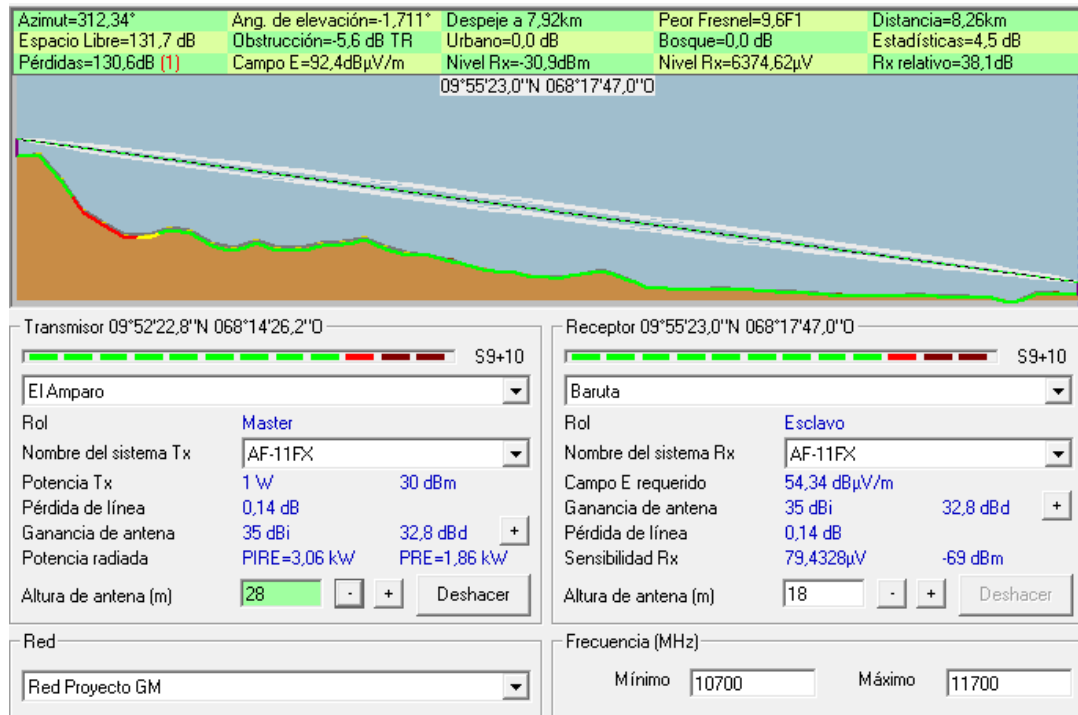


Figura 27: Perfil Amparo - Baruta

Fuente: El autor

La distancia entre El Amparo y Baruta es 8,3 km (5,1 miles)
 Azimut norte verdadero = 312,34°, Azimut Norte Magnético = 323,69°, Angulo de elevación = -1,7108°
 Variación de altitud de 247,5 m
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 9,6F1 a 7,9km
 La frecuencia promedio es 11200,000 MHz
 Espacio Libre = 131,7 dB, Obstrucción = -5,6 dB TR, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 4,5 dB
 La pérdida de propagación total es 130,6 dB
 Ganancia del sistema de El Amparo a Baruta es de 168,7 dB (AF-24Tx-Hpol.ant a 312,3 °-1,71° ganancia = 35,0 dBi)
 Ganancia del sistema de Baruta a El Amparo es de 168,7 dB (AF-24Tx-Hpol.ant a 132,3 °1,64° ganancia = 35,0 dBi)
 Peor recepción es 38,1 dB sobre el señal requerida a encontrar
 50,000% de tiempo, 50,000% de ubicaciones, 70,000% de situaciones
 Advertencia 1

Figura 28: Resultados Amparo - Baruta

Fuente: El autor

A través de la visualización de la gráfica arrojada por Radio Mobile en cada enlace podemos observar que la peor condición de la zona de fresnel es igual a 10,1F1 por lo que no es necesario estudiar la zona fresnel para ninguno de los enlace. En la figura 25 podemos observar que el margen es de 38,1 dB del umbral de recepción lo que garantiza un excelente nivel de recepción. Cabe destacar que para el sistema utilizado en el cálculo de cada uno de los tres enlaces se usó como tipo de antena la AF-24, como se puede apreciar en las imágenes de los resultados arrojados por Radio Mobile. El patrón de radiación de esta antena (Figura 29) es muy similar al equipo AF-11FX por lo que se consideró conveniente el uso de la misma.

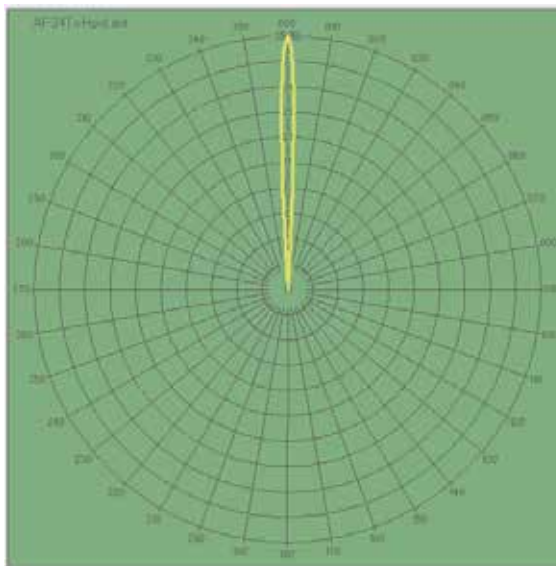


Figura 29: Patrón de radiación de antena AF24

Fuente: El autor

5.3.3 Cálculos Teóricos

Una vez realizado los cálculos de los enlaces mediante el uso del software Radio Mobile y utilizando Xirio-Online, se procede a realizar los cálculos teóricos correspondiente a cada enlace con la finalidad de corroborar, y realizar un cuadro comparativo con la información suministrada por el Radio Mobile de manera que se obtenga información precisa del diseño de los enlaces. A continuación se muestran los datos a considerar para los cálculos teóricos seguidamente de las ecuaciones a calcular.

Frecuencia de operación del Radio	(10.700 – 11.700) MHz
Frecuencia promedio	$\frac{10700+11700}{2} = 11.200$ MHz
Potencia de transmisión	Ptx = 30 dBm = 1Watt
Sensibilidad del receptor	-69 dBm
Ganancias de las antenas	Gtx = Grx = 35 dBi

Tabla 2: Características técnicas de los equipos

Fuente: https://dl.ubnt.com/datasheets/airfiber/airFiber_AF-11FX_DS.pdf

Perdida de línea

Aquí encontramos la pérdida que se genera entre el transmisor y la antena, en todos los enlaces la AF-11FX se conecta mediante dos cables RF modelo RP-SMA a la antena por lo que se realiza un solo cálculo: LLB

$$LLB \frac{0,2m \times 1,45 \text{ dB}}{2m} = 0.145 \text{ dB}$$

Dentro de este cálculo está incorporado la pérdida por conectores, por lo que el cálculo representa la pérdida total en cada línea de transmisión.

Potencia entregada a la antena

Esta potencia es la entregada por el transmisor menos las atenuaciones causadas por las líneas de transmisión. Su ecuación es:

$$PEA = 10\log (Ptx) - LLB$$

$$PEA = 10\log (1w) - 0,145 \text{ dB} = -0.145 \text{ dBw}$$

$$PEA = 10^{\frac{-0.145}{10}} = 0.96 \text{ w}$$

Potencia Efectiva Radiada (PER)

Para un cálculo más sencillo se ingresa directamente el valor de la potencia del transmisor que alimenta a la antena (PEA) y se suma con la ganancia en potencia (Gtx) en la antena:

$$PER = PEA + Gtx \text{ dBd.}$$

La ganancia de la antena se debe convertir a dBd:

$$\text{dBd} = \text{dBi} - 2,15.$$

$$\text{dBd} = 35 \text{ dBi} - 2,15 = 32,85 \text{ dBd.}$$

Sustituyendo los valores, queda:

$$PER = -0.145\text{dBw} + 32,85$$

$$PER = 32,70 \text{ dBw}$$

$$PER \text{ en Vatios} = 10^{\frac{32.7}{10}} = 1862,08 \text{ W.}$$

$$PER \text{ en dBm} = 32,70 \text{ dBw} + 30 = 62,7 \text{ dBm.}$$

Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE)

Se calculó a través de la siguiente ecuación:

$$PIRE = 10\log (Ptx) + Gtx - LLB.$$

$$PIRE = 10\log (1\text{w}) + 35 \text{ dBi} - 0.145 \text{ dB}$$

$$PIRE = 34.85 \text{ dB}$$

$$PIRE \text{ en Vatios} = 10^{\frac{34.85}{10}} = 3054,92 \text{ W.}$$

Debido a que son utilizados los mismos equipos en todos los enlaces, se realizó un solo cálculo de potencia entregada, potencia efectiva radiada y potencia isotrópica radiada efectiva, valido para cualquiera de los enlaces.

Atenuación específica debida a la lluvia

Aunque la atenuación causada por la lluvia puede despreciarse para frecuencias por debajo de 5 GHz, ésta debe incluirse en los cálculos de diseño a frecuencias superiores

donde su importancia aumenta rápidamente. La atenuación específica debida a la lluvia puede calcularse a partir de la Recomendación **UIT-R 838**. La atenuación específica (dB/km) se obtiene a partir de la intensidad de lluvia R (mm/h) mediante la ley exponencial:

$$= kR ,$$

Donde k y α son unas constantes que dependen de la frecuencia y de la polarización de la onda electromagnética. Para obtener de la intensidad de lluvia R (mm/h) se estudia el comportamiento estadístico de la lluvia. Para la predicción de la atenuación producida por la lluvia se necesita información sobre las estadísticas de la intensidad de precipitación. En la Recomendación **UIT-R PN.837** (ver anexo D) se proporcionan valores de R excedidos durante determinados porcentajes de tiempo y para distintas zonas hidrometeorológicas mundiales. Se puede observar en el mapa de zonas hidrometeorológicas (ver anexo D figura 1). En el caso específico de este enlace corresponde a la zona mundial N.

Porcentaje de tiempo (%)	R (mm/h)
	Zona N
1,0	5
0,3	15
0,1	35
0,03	65
0,01	95
0,003	140
0,001	180

Tabla 3: Intensidad de la lluvia excedida (mm/h)

Fuente: Rec. UIT-R PN.837-1

De la tabla se deduce que para la zona N llueve más de 95 mm/h durante menos del 0,01% del tiempo. Por lo tanto, si queremos que nuestro sistema presente una disponibilidad del 99,99% (poco más de 52 minutos indisponibilidad en todo un año), será necesario realizar el diseño del mismo teniendo en cuenta una intensidad de lluvia $R = 95$ mm/h en el instante de calcular las atenuaciones.

Los valores de k y a para distintas frecuencias y polarizaciones lineales (horizontal y vertical) se pueden obtener de la recomendación **UIT-R 838**. Para obtener valores a frecuencias intermedias se recomienda aplicar interpolación, utilizando una escala logarítmica para la frecuencia y para k , y una escala lineal para a .

Frecuencia (GHz)	kH	aH	kV	aV
11	0,01772	1,2140	0,01731	1,1617

Tabla 4: Coeficientes que dependen de la frecuencia para estimar la atenuación específica debida a la lluvia
Fuente: Rec. UIT-R P.838-3

De la tabla anterior se deduce que la atenuación es ligeramente superior para polarización horizontal que para vertical. Esto se debe simplemente a la forma que adquieren las gotas de lluvia por el rozamiento durante la caída. Utilizando polarización vertical, $kV = 0,01731$, $aV = 1,1617$ y $R(\text{mm/h})=95$ mm la atenuación por lluvia para este enlace será :

$$\begin{aligned}
 &= kR , \\
 &= 0,01731 (95)^{1,1617} \\
 &= 3,43 \text{ dB/km}
 \end{aligned}$$

Enlace Torre Centro A1 – Copey

Distancia: 3.31 km

Frecuencia: 11.2 GHz

Debido a ser un enlace de corta distancia, los parámetros de margen de desvanecimiento no se toman en consideración ya que estos solo se consideran para enlaces de media a larga distancia.

- Perdida en el espacio libre (Lp)

$$L(\text{dB}) = 92.4 + 20 \log f(\text{GHz}) + 20 \log D(\text{km})$$

$$L(\text{dB}) = 92.4 + 20 \log f(11.2) + 20 \log D(3.31)$$

$$L(\text{dB}) = 123,77 \text{ dB}$$

- Campo eléctrico E (dBμV/m)

El campo eléctrico se calcula con el fin de conocer el voltaje y la potencia que recibe el receptor una vez se transmite a través del enlace. Obteniendo:

$$E (\text{dB}\mu\text{V/m}) = \text{PER dBm} - 20 \log (\text{Distancia en Km}) + 38,7.$$

$$E (\text{dB}\mu\text{V/m}) = 62,7 - 20 \log (3,30) + 38,7.$$

$$E (\text{dB}\mu\text{V/m}) = 91,03 \text{ E (dB}\mu\text{V/m)}$$

$$P (\text{dBm}) = E (\text{dB}\mu\text{V/m}) + G_{\text{rx}}(\text{dBi}) - 20 \log(\text{frecuencia en MHz}) - 77,2.$$

$$P (\text{dBm}) = 67,056 + 35 - 20 \log(11200) - 77,2$$

$$P (\text{dBm}) = -56,124 \text{ dBm}$$

- Potencia en el receptor (Prx)

$$\text{Prx} = \text{Pt} + G_{\text{tx}} + G_{\text{rx}} - \text{LLBTx} + \text{LLBRx} - L_p$$

$$\text{Dónde: LLBTx} = \text{LLBRx} = 0.145 \text{ dB}$$

$$\text{Prx} = 30 \text{ dBm} + 35 \text{ dBi} + 35 \text{ dBi} - 0,145 \text{ dB} - 0,145 \text{ dB} - 123,77 \text{ dB}$$

$$\text{Prx} = -24,06 \text{ dBm.}$$

- Margen dinámico

Este margen es la potencia en el receptor menos el umbral de recepción.

$$D_m = \text{Prx} - C_{\text{min.}}$$

$$D_m = -24,06 - (-69 \text{ dBm}) = 44,94 \text{ dB}$$

$$D_m = 44,94 \text{ dB}$$

- Ganancia del Sistema

La descripción matemática de la ganancia del sistema es

$$G_s = \text{Pt} > C_{\text{mín}}$$

$$\text{Pt} = C_{\text{mín}} \quad - \text{ganancias}$$

$$G_s = \text{Ptx} - C_{\text{min}} > L_p + \text{LLBTx} + \text{LLBRx} - G_t - G_r$$

$$G_s = 30 \text{ dBm} - (-69 \text{ dBm}) > 123,77 \text{ dB} + 0,145 \text{ dB} + 0,145 \text{ dB} - 35 \text{ dB} - 35 \text{ dB}$$

$$G_s = 99 \text{ dBm} > 54,06 \text{ dBm}$$

- Cálculo de las pérdidas por lluvia

La Rec. UIT-R P.530 establece el procedimiento para calcular las pérdidas producidas por la lluvia a largo plazo. Esta pérdida A(dB) se calcula como

$$A = L,$$

donde (dB/km) es la atenuación específica para la frecuencia, polarización y tasa de precipitación (superada el 0,01% del tiempo) de interés, y L = 3.31 km, es la longitud del trayecto:

$$A = 3,43 \text{ dB/km} * 3.31 \text{ km}$$

$$A = 11,35 \text{ dB.}$$

Este resultado evidencia que el enlace podrá funcionar de forma adecuada sin reducción en su rendimiento, bajo las condiciones de atenuación por lluvia consideradas en el cálculo anterior, manteniendo un margen dinámico de 33,59 dB.

Enlace Copey – Cerro el Amparo

Distancia = 45,55 km

Frecuencia = 11.2 GHz

Umbral de recepción = -83 dBm

- Pérdida en el espacio libre (Lp)

$$L(\text{dB}) = 92.4 + 20 \log f(\text{GHz}) + 20 \log D(\text{km})$$

$$L(\text{dB}) = 92.4 + 20 \log f(11,2) + 20 \log D(45,55)$$

$$L(\text{dB}) = 146,55 \text{ dB}$$

- Margen de desvanecimiento

$$F_m = 30 \log D + 10 \log (6ABf) \quad R) \quad 70 \text{ dB}$$

$$R = 0.999$$

A = Factor de rugosidad = 0,25

$$B = 1$$

$$F_m = 30 \log(45,55) + 10 \log (6(0,25)(1)(11,2)) \quad 0,999) \quad 70 \text{ dB}$$

$$F_m = 22 \text{ dB}$$

- Campo eléctrico E (dBμV/m)

El campo eléctrico se calcula con el fin de conocer el voltaje y la potencia que recibe el receptor una vez se transmite a través del enlace. Obteniendo:

$$E \text{ (dB}\mu\text{V/m)} = \text{PER dBm} - 20\log(\text{Distancia en Km}) + 38,7.$$

$$E \text{ (dB}\mu\text{V/m)} = 62,7 - 20\log(45,55) + 38,7.$$

$$E \text{ (dB}\mu\text{V/m)} = 68,23 \text{ E (dB}\mu\text{V/m)}$$

$$P \text{ (dBm)} = E \text{ (dB}\mu\text{V/m)} + G_{rx}(\text{dBi}) - 20\log(\text{frecuencia en MHz}) - 77,2.$$

$$P \text{ (dBm)} = 68,23 + 35 - 20\log(11200) - 77,2$$

$$P \text{ (dBm)} = -54,95 \text{ dBm}$$

- Potencia en el receptor (Prx)

$$\text{Prx} = \text{Pt} + G_{tx} + G_{rx} - \text{LLBTx} + \text{LLBRx} - L_p - F_m.$$

$$\text{Dónde: LLBTx} = \text{LLBRx} = 0,145 \text{ dB}$$

$$\text{Prx} = 30 \text{ dBm} + 35 \text{ dBi} + 35\text{dBi} - 0,145 \text{ dB} - 0,145 \text{ dB} - 146,55 \text{ dB} - 22 \text{ dB}$$

$$\text{Prx} = -68,84 \text{ dBm.}$$

- Margen dinámico

Este margen es la potencia en el receptor menos el umbral de recepción.

$$D_m = \text{Prx} - C_{\text{min}}.$$

$$D_m = -68,84 - (-83 \text{ dBm}) = 14,6 \text{ dB}$$

$$D_m = 14,6 \text{ dB}$$

- Ganancia del Sistema

La descripción matemática de la ganancia del sistema es

$$G_s = \text{Pt} > C_{\text{mín}}$$

$$\text{Pt} = C_{\text{mín}} \quad - \text{ganancias}$$

$$G_s = \text{Pt} - C_{\text{mín}} > F_m + L_p + \text{LLBTx} + \text{LLBRx} - G_t - G_r$$

$$G_s = 30 \text{ dBm} - (-83 \text{ dBm}) > 22 \text{ dB} + 146,55 \text{ dB} + 0,145\text{dB} + 0,145\text{dB} - 35 \text{ dB} - 35\text{dB}$$

$$G_s = 113 \text{ dBm} > 98,84 \text{ dBm}$$

- Cálculo de las pérdidas por lluvia

La Rec. UIT-R P.530 establece el procedimiento para calcular las pérdidas producidas por la lluvia a largo plazo. Esta pérdida A(dB) se calcula como

precipitación (superada el 0,01% del tiempo) de interés, y $L = 45,55$ km, es la longitud del trayecto:

$$A = 3,43 \text{ dB/km} * 45,55 \text{ km}$$

$$A = 156,23 \text{ dB.}$$

Por lo cual en el momento en que ocurra una precipitación con estas características deja fuera de servicio este enlace. Ya que al sumarse las pérdida por lluvia con las pérdidas por propagación en el espacio libre hace que la potencia a la entrada del receptor sea mucho menor que el umbral del receptor.

Enlace cerro el Amparo – Baruta

Distancia: 8,26 km

Frecuencia: 11.2 GHz

Al igual que el primer enlace, al tener una distancia corta entre emisor y receptor el margen de desvanecimiento no es tomado en cuenta, por lo que la pérdida estará representada por L_p y la pérdida de línea.

- Pérdida en el espacio libre (L_p)

$$L(\text{dB}) = 92.4 + 20 \log f(\text{GHz}) + 20 \log D(\text{km})$$

$$L(\text{dB}) = 92.4 + 20 \log f(11,2) + 20 \log D(8,26)$$

$$L(\text{dB}) = 131,71 \text{ dB}$$

- Campo eléctrico E ($\text{dB}\mu\text{V/m}$)

El campo eléctrico se calcula con el fin de conocer el voltaje y la potencia que recibe el receptor una vez se transmite a través del enlace. Obteniendo:

$$E (\text{dB}\mu\text{V/m}) = \text{PER dBm} - 20 \log (\text{Distancia en Km}) + 38,7.$$

$$E (\text{dB}\mu\text{V/m}) = 62,7 - 20 \log (8,26) + 38,7.$$

$$E (\text{dB}\mu\text{V/m}) = 83,06 \text{ E} (\text{dB}\mu\text{V/m})$$

$$P (\text{dBm}) = E (\text{dB}\mu\text{V/m}) + G_{rx}(\text{dBi}) - 20 \log(\text{frecuencia en MHz}) - 77,2.$$

$$P (\text{dBm}) = 83,06 + 35 - 20 \log(11200) - 77,2$$

$$P (\text{dBm}) = -40,12 \text{ dBm}$$

- Potencia en el receptor (P_{rx})

$$Prx = Ptx + Gtx + Grx - LLBTx + LLBRx - Lp - Fm.$$

$$\text{Dónde: } LLBTx = LLBRx = 0.145 \text{ dB}$$

$$Prx = 30 \text{ dBm} + 35 \text{ dBi} + 35 \text{ dBi} - 0,145 \text{ dB} - 0,145 \text{ dB} - 131,71 \text{ dB}$$

$$Prx = -32 \text{ dBm.}$$

- Margen dinámico

Este margen es la potencia en el receptor menos el umbral de recepción.

$$Dm = Prx - Cmin.$$

$$Dm = -32 - (-69 \text{ dBm}) = 37 \text{ dB}$$

$$Dm = 37 \text{ dB}$$

- Ganancia del Sistema

La descripción matemática de la ganancia del sistema es

$$Gs = Pt > Cmin$$

– ganancias

$$Gs = Ptx - Cmin > Lp + LLBTx + LLBRx - Gt - Gr$$

$$Gs = 30 \text{ dBm} - (-69 \text{ dBm}) > 131,71 \text{ dB} + 0,145 \text{ dB} + 0,145 \text{ dB} - 35 \text{ dB} - 35 \text{ dB}$$

$$Gs = 99 \text{ dBm} > 62 \text{ dBm}$$

- Cálculo de las pérdidas por lluvia

La Rec. UIT-R P.530 establece el procedimiento para calcular las pérdidas producidas por la lluvia a largo plazo. Esta pérdida A(dB) se calcula como

específica para la frecuencia, polarización y tasa de precipitación (superada el 0,01% del tiempo) de interés, y L = 8,26 km, es la longitud del trayecto:

$$A = 3,43 \text{ dB/km} * 8,26 \text{ km}$$

$$A = 28,33 \text{ dB.}$$

De manera que al adicionar esta pérdida con las pérdidas por propagación en el espacio libre, no significará la caída de servicio de este enlace, cuando existan precipitaciones con estas características.

Luego de concluir con los cálculos teóricos podemos obtener información precisa de la capacidad del enlace y de sus niveles de recepción, dentro de estos se encuentra la pérdida de línea, esta pérdida suele ser mayor cuando se utiliza guías de ondas entre el transmisor y la antena, en el caso de los equipos utilizados (AF-11FX) el radio esta justo detrás de la antena y este modelo en particular se conecta mediante conectores RP-SMA de longitud muy corta lo que reduce la pérdida en gran medida, dentro de este cálculo se tomó en consideración las pérdidas generadas por los conectores sin embargo las pérdidas fueron muy bajas, todos los cálculos realizados son de relevante importancia ya que comprueban la calidad del enlace según los parámetros utilizados.

Dentro de estos se encuentra la frecuencia, para todos los enlaces se usó una frecuencia promedio (11200 MHz) entre la frecuencia mínima y máxima de los equipos, ya que los resultados teóricos no varían mucho al cambiar la frecuencia dentro de ese rango, para los enlaces de corta distancia (A1 – Copey, Amparo – Baruta) se consideró la sensibilidad del receptor en -69 dBm, según el Datasheet del radio (Anexo A) esta es la sensibilidad que tiene el receptor para transmitir 602 Mbps para un ancho de 40 MHz en modulación MIMO, debido a la ganancia del sistema a estas distancia se garantiza la confiabilidad del enlace para mencionada velocidad.

Por otra parte en el enlace entre Copey – Amparo se consideró un umbral de recepción de -83 dBm con la finalidad de obtener un enlace más confiable, garantizando 200 Mbps en codificación QPSK MIMO con ancho de banda en 40 MHz, sin embargo obteniendo un mejor nivel de recepción se puede aumentar las velocidades de transmisión. Cabe destacar que el umbral mínimo de estos equipos es -95 dBm.

Al realizar los cálculos de pérdida por lluvia en los diferentes tramos del enlace, se pudo apreciar que el más afectado es el enlace Copey – Amparo, esto debido a la distancia entre su emisor y receptor. Considerando la indisponibilidad arrojada en estos cálculos es preciso tener en cuenta contramedidas como diversidad de espacio, sin embargo, la comunicación mediante túnel VPN establecido entre las sedes funcionará como sistema de respaldo en los momentos que el enlace sufra estos efectos adversos.

Por otro lado, en los enlaces de corta distancia las pérdidas por lluvia no representan riesgos que comprometan el servicio.

5.3.4 Tablas de comparación entre cálculos simulados y teóricos

A continuación, se muestran las tablas de comparación de resultados.

Enlace Torre centro A1 – Copey

Calculo	Teórico	Simulado
PER	1,862 kW	1,8 kW
PIRE	3,054 kW	3,06 kW
Perdidas Lp	123,7 dB	123, 8 dB
Campo E	91,03 E (dB μ V/m)	95,9 E (dB μ V/m)
Potencia en el receptor	-24,06 dBm	-27,5 dBm
Margen dinámico	44,94 dB	41,5 dB

Tabla 5: Comparación cálculos teóricos y simulados (Torre A1 – Copey)

Fuente: El Autor

Enlace Copey – cerro el Amparo

Calculo	Teórico	Simulado
PER	1,862 kW	1,8 kW
PIRE	3,054 kW	3,06 kW
Perdidas Lp	146,55 dB	146,6 dB
Campo E	68,23 E (dB μ V/m)	73,5, E (dB μ V/m)
Potencia en el receptor	-68,84 dBm	-49,8 dBm
Margen dinámico	14,6 dB	33,2 dB

Tabla 6: Comparación cálculos teóricos y simulados (Copey – Amparo)

Fuente: El Autor

Enlace cerro el Amparo – Baruta

Calculo	Teórico	Simulado
PER	1,862 kW	1,8 kW
PIRE	3,054 kW	3,06 kW
Perdidas Lp	131,71 dB	131,7 dB

Campo E	83,06 E (dB μ V/m)	92,4 E (dB μ V/m)
Potencia en el receptor	-32 dBm	-30,9 dBm
Margen dinámico	37 dB	38,1 dB

Tabla 7: Comparación cálculos teóricos y simulados (Amparo-Baruta)

Fuente: El Autor

Como se puede observar en las tablas anteriores, se muestra en la primera columna el cálculo realizado, seguido de la columna con los resultados teóricos y finalmente la de resultados simulados. De esta forma podemos comparar los resultados obtenidos, entre los cálculos expuestos se encuentran los de mayor importancia a la hora del diseño de un enlace. En la tabla 1 se visualiza resultados similares entre los teóricos y simulados, como fue notificado anteriormente en este enlace no se consideró margen de desvanecimiento en los cálculos teóricos debido a la corta distancia del enlace, por lo que entre los resultados teóricos y simulados existe poca diferencia.

En la tabla 2 los cálculos de nivel de recepción y margen dinámico discrepan un poco, esto se debe a que en los cálculos teóricos se toma en consideración el margen de desvanecimiento con parámetros geográficos y climáticos que agregan una pérdida considerable que no es tomada en cuenta en los cálculos simulados, generando cierta diferencia entre los resultados. Por otro lado en la tabla 3 los resultados obtenidos son muy similares entre teóricos y simulados en este enlace tampoco fue considerado el margen de desvanecimiento en los cálculos teóricos debido a la corta distancia del mismo.

5.3.5 Protecciones para el enlace

Torre Centro A1

- Respaldo energético

Esta estación cuenta con un respaldo de energía a través de una planta eléctrica, la misma posee la capacidad necesaria para mantener el sistema en funcionamiento durante varias horas, además de esto, el cuarto de datos donde se encuentran conectados los equipos de red de la empresa y las antenas cuenta con dos UPS de 3000 VA, el cual

garantiza el constante funcionamiento de los equipos cuando falle la alimentación de energía convencional, hasta la puesta en funcionamiento de la planta eléctrica.

- Sistema de puesta en tierra

Los equipos instalados en esta localidad deben conectar su tierra al sistema de puesta en tierra suministrado por el edificio, así como también los equipos instalados en el cuarto de datos de la empresa deben estar conectados al mismo sistema de tierra.

Copey

- Respaldo energético

En esta estación de servicio se cuenta con planta eléctrica en caso de fallar el sistema de energía, sin embargo, se considera necesario para aumentar la fiabilidad y disponibilidad del enlace, contar en la estación de telecomunicaciones con cuatro (4) baterías en serie, de 6 A/h con su respectivo cargador, las cuales garantizan 4 horas de energía para dos equipos AF11FX.

- Sistema de puesta en tierra

La torre de comunicaciones de esta localidad cuenta con un sistema de puesta a tierra de anillo conectada a su vez al sistema de puesta a tierra del cuarto de datos, esta torre contiene una barra de tierra adicional ubicada en el medio del recorrido vertical de la misma donde se deben conectar la tierra de los equipos en cuestión.

Cerro el Amparo

- Respaldo energético

En la estación del cerro el Amparo se considera necesario la instalación de cuatro baterías de 6 A/h conectadas en serie, para darle un suministro de energía a los equipos ubicados en el sitio por cuatro horas continuas.

- Sistema de puesta en tierra

El sistema de puesta a tierra de esta localidad también cuenta con un anillo de aterramiento, los equipos AF11FX deberán tener conectado su tierra al cable de tierra de la torre que a su vez debe estar conectado al sistema de aterramiento de anillo de la estación. La intención de aterrizar en el medio del recorrido vertical es para prevenir que los rayos puedan crear una diferencia de potencial. El sistema de aterramiento interno

debe estar conectado al menos en un punto al anillo exterior. Esta conexión debe ser

Baruta

- Respaldo energético

En esta localidad se cuenta con una planta eléctrica que respalda los equipos de transmisión, los equipos ubicados en el datacenter y demás instalaciones pertenecientes a la sede de la empresa, dentro del data center se cuenta el respaldo de dos UPS marca Emerson de 3000 VA capaz de mantener en funcionamiento los equipos mientras se pone en funcionamiento la planta eléctrica en caso de la ausencia de energía en el plantel.

- Sistema de puesta en tierra

La torre de comunicación de esta sede cuenta con un sistema de puesta de atierra, la cual consiste en una varilla de Copperweld, esta varilla es una de las más usadas, ya que es de bajo costo de material. Este tipo de electrodo esta hecho de acero y recubierto de una capa de cobre, su longitud es de 3.05 metros y un diámetro de 16 milímetros. Esta varilla se debe enterrar en forma vertical y a una profundidad de por lo menos 2.4 metros, esto por norma. Los equipos deben tener su tierra conecta a una barra de tierra ubicada en el tope de la torre que a su vez se conecta con el sistema de tierra de la torre.

5.3.6 Requisitos Técnicos para licitación de frecuencias

A continuación, se exponen los recaudos técnicos que deberán consignar los interesados en obtener una habilitación general con el atributo de transporte ante el ente regulador CONATEL. Cabe mencionar que estos recaudos fueron suministrados por el ente regulador CONATEL a través de su página web.

Descripción general del proyecto

- a. Para los sistemas punto a multipunto y punto a zona, deberán indicar la zona de cobertura del servicio, en función de los Municipios a cubrir, es decir, la zona geográfica en la que se llevará a cabo el establecimiento y explotación de la red, o la prestación del servicio de telecomunicaciones.

- b. Para los enlaces de conexión entre estaciones (sistemas punto a punto), deberá indicar los nombres de las estaciones entre las cuales se pretende realizar el enlace.

Descripción de la red

- a. Indicar la cantidad de estaciones que se pretenda instalar, detallando para cada una de ellas lo siguiente:
 - i. Nombre y dirección de la estación, especificando la Parroquia, el Municipio y el Estado, sus coordenadas *Universal Transverse Mercator* (UTM) y coordenadas geográficas (latitud y longitud, expresadas en grados, minutos y segundos) y la altura de la estación sobre el nivel del mar, expresada en metros.
 - ii. Para los sistemas punto a multipunto y punto a zona, el área de servicio de la estación, especificando el (los) Municipio(s), en un mapa de cobertura a una escala, en la cual se visualice claramente toda el área de interés.
 - iii. Cantidad total de equipos utilizados en la estación, especificando para cada uno de ellos lo indicado en el ANEXO T-2A.
- b. Diagrama que muestre la disposición y topología de la red, donde se indiquen los elementos que componen el sistema, y en el caso de la utilización de espectro radioeléctrico, la conexión de los mismos señalando la correspondencia entre estaciones transmisoras y receptoras (ANEXO T-1A Y T-1B).
- c. Medios de transmisión y tecnologías a emplear para la conexión de las estaciones.
- d. Descripción de la interconexión con redes de otras operadoras, de ser el caso.
- e. Descripción del sistema de gestión, supervisión y administración de la red.

- f. Para cada una de las estaciones o nodos según sea el caso, deberá indicar:
- i. Dirección donde se encuentra la estación, especificando la Parroquia, Municipio y el Estado, sus coordenadas *Universal Transverse Mercator* (UTM) y coordenadas geográficas (latitud y longitud, expresadas en grados, minutos y segundos) y la altura de la estación sobre el nivel del mar, expresada en metros.
 - ii. Cantidad total de equipos utilizados en la estación, especificando para cada uno de ellos, el tipo de equipo, la marca y modelo, y los catálogos de los mismos.

Capacidad del sistema y capacidad a instalar

- a. Indicar la capacidad total del sistema en número de usuarios y describir la metodología utilizada para determinarla, tomando en cuenta la estimación de la demanda de usuarios que atenderá con la ejecución del proyecto, de acuerdo con proyecciones del mercado.

Objetivos de calidad de servicio (aplica sólo para prestación de servicio a terceros)

Describir los parámetros de disponibilidad, especificando la metodología empleada para obtener tales valores, en función de la topología de la red que soporta el servicio y los equipos que la conforman. Deben indicarse sus parámetros de tiempo de falla y tiempo de reparación, así como los modos de operación (*Stand by, Hot stand by, etc.*) (ANEXO T-3).

Cronograma de ejecución (aplica sólo para prestación de servicio a terceros)

Presentar un cronograma detallado de las actividades de implementación a realizar, indicando los lapsos de tiempo para la instalación y prestación del servicio de telecomunicaciones, tomando como punto de inicio el momento en que se otorga la

habilitación. Los lapsos de tiempo deben ser indicados en función de semanas o meses (ANEXO T-4)

Requerimiento de recursos limitados

Otorgamiento de concesiones de uso y explotación del espectro radioeléctrico

POR ADJUDICACIÓN DIRECTA

El interesado que requiera el otorgamiento de una concesión de uso y explotación del espectro radioeléctrico a los efectos de prestar el servicio de telecomunicaciones para el cual resulte habilitado, deberá consignar, conjuntamente con el (los) tomo(s) contentivo(s) del proyecto técnico, lo indicado en el anexo t-9 de la presente guía.

Cuando las porciones de espectro radioeléctrico sean solicitadas a los fines de realizar enlaces de conexión vía radio entre estaciones (celdas o centrales), satelitalmente o de manera inalámbrica, el interesado deberá presentar los recaudos que se encuentran indicados en el anexo t-10 de la presente guía.

Todos los anexos referenciados en el texto anterior pueden encontrarse a partir del anexo C del presente informe.

CONCLUSIONES

Con el crecimiento de la tecnología en la actualidad las demandas en velocidades de transmisión son mayores, para una empresa en constante crecimiento es preciso adaptarse a estas nuevas tecnologías, lo que conlleva a realizar contrataciones de servicio de Internet de mayor capacidad. Las opciones para obtener dicha capacidad se ven afectadas por la situación económica del país por lo que las principales empresas proveedoras de este servicio no son capaces de ofrecer un servicio de alta calidad adaptadas a los nuevos desarrollos. Llegando incluso a afectar el mantenimiento de las tecnologías implementadas en las últimas décadas.

El Grupo Merino se vio afectado por esta situación, alterando el rendimiento de sus operaciones, debido a la constante caída de los servicios de conexión VPN, servicio de telefonía e Internet de su proveedor. Lo que conllevó a buscar alternativas para interconectar sus sedes de Valencia y Tinaquillo, aumentar la fiabilidad de su red interna y buscar la expansión de la misma. En busca de las alternativas la interconexión entre enlaces microondas fue la opción más idónea, considerando la dificultad del terreno entre las sedes y los recursos de la empresa, además esta alternativa provee una manera segura de transmitir información y con capacidades en velocidades de hasta 1.2 Gbps.

De manera que conociendo las necesidades establecidas por la empresa se procedió a realizar un diseño de enlace entre sus principales sedes, que cumpliera con los objetivos planteados y satisficiera las necesidades expuestas, eligiéndose equipos de alto rendimiento, de bajo costo y fácil mantenimiento e instalación, para lograr diseñar un enlace entre las principales sedes del Grupo Merino fue preciso seccionarlo en tres enlaces, establecidos entre las localidades de la empresa y en zonas geográficas de gran altura para lograr las condiciones mínimas de una instalación de enlaces microondas (línea de vista entre emisor y receptor). Mediante los cálculos teóricos y simulaciones en Radio Mobile se verificó el buen funcionamiento y la fiabilidad de los enlaces, capaces de cumplir las necesidades de la empresa e incluso sobre capacitado para las

demandas actuales del Grupo lo que permite la posibilidad de seguir creciendo en la demanda de este servicio.

Por consiguiente, se puede concluir que el diseño de este enlace de microondas brinda la capacidad de realizar un transporte de datos con altas velocidades entre las localidades pertenecientes a la empresa Grupo Merino lo que lo convierte en proyecto factible con atributos suficientes para ser implementado.

RECOMENDACIONES

Con la finalidad de optimizar los mecanismos para la interconexión entre sedes y mejorar la red interna de la empresa Grupo Merino se realizan las siguientes recomendaciones:

Se recomienda la implementación de la propuesta realizada en la presente investigación, puesto que genera un beneficio de gran envergadura para la empresa, permitiendo desistir de proveedores de servicio de Internet para el transporte de datos entre las sedes principales de la empresa, obteniendo mayor velocidad en la transmisión de la misma y con mayor ancho de banda.

Implementación de equipos con funciones de switch modelo Edge Point de Ubiquiti diseñados para ser instalados en intemperie, ideal para torres de comunicación con más de una antena, estos equipos aumentan la velocidad en línea ya que poseen puertos de fibras, reduce los puntos de fallas y el mantenimiento de los equipos.

Se recomienda la propuesta de un enlace alternativo para ofrecer redundancia al diseño propuesto en la presente investigación de forma que se aumente la confiabilidad de conexión entre las sedes del Grupo Merino.

Realizar mantenimiento de las estaciones de servicio periódicamente, para de esta forma conservar los equipos y mantener las conexiones estables.

Diseñar un sistema de seguridad en las estaciones de servicio que resguarden los equipos en funcionamiento y se mantenga monitoreada las áreas comprometidas. Esto con el fin de reducir la posibilidad de hurto de equipos.

REFERENCIAS

Referencias Bibliográficas:

Carcotsicas, E. (2012), **Estudio y diseño de una red de interconexión entre las sedes de onlyticket eventos caracas, puerto Ordaz y panamá.** Trabajo Especial de Grado. Publicado. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas, Venezuela.

Carvajal, M. (2012). **“Diseño eficiente de redes de transporte de datos para los sistemas y servicios de tráfico inteligente ofrecidos por el grupo Intec Solutions.** Trabajo Especial de Grado. Publicado. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas, Venezuela.

Gonzales, L. (2015). **Propuesta para la mejora de la red de enlaces de microondas del Grupo Inversiones Geandina C.A Valencia Estado Carabobo.** Informe de Pasantías. Universidad José Antonio Páez (UJAP). Valencia, Venezuela.

Tomasi, W. (2003). **Sistemas de Comunicaciones Electrónicas.** (4ta Ed.). México: Editorial Pearson Educación.

Referencias Electrónicas:

AirFiber 11FX [Documento en línea]. Disponible: <https://www.ubnt.com/airfiber/airfiber-11fx/>. [Consulta: Enero 2018].

AirFiber AF 11G35 [Documento en línea]. Disponible: https://dl.ubnt.com/datasheets/airfiber/airFiber_AF-11G35_DS.pdf [Consulta: Enero 2018].

Buettrich, S. (2007). **Cálculo de Radioenlace.** [Documento en línea]. Disponible: http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf [Consulta: Octubre 2017].

Documento .ant radiación de antena AF [Documento en línea]. Disponible: <https://help.ubnt.com/hc/en-us/articles/204952114-airMAX-Antenna-Data>. [Consulta: Febrero 2018]

Edukativos (2011). **Enlaces Satelitales** [Documento en línea]. Disponible: <http://www.edukativos.com/apuntes/archives/1165> [Consulta: Febrero 2018]

Enciclopedia Financiera. (2016). **Historia de la comunicación humana.**

[Documento en línea]. Disponible: <http://www.lacomunicacionhumana.com/articulos/historia-de-la-comunicacion-humana.htm>.

Garcia, H. (2016). **Radio enlaces microondas**. [Documento en línea]. Disponible: <http://ingenierosdetelecomunicaciones.blogspot.com/p/tv-digital.html>.

Hernandez, J.(2005). **Redes Satelitales**. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.monografias.com/trabajos29/redes-satelitales/redes-satelitales.shtml#ixzz59U0zJDIV>.

ITU(2005) **Recomendación P.838-3**. [Documento en línea]. Disponible: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.838-3-200503-I/es>

ITU(1994) **Recomendación P.837-1**. [Documento en línea]. Disponible: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.837-1-199408-S/es>

Ramos, F.(2018)**Cálculo de la atenuación por lluvia en un radioenlace**. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.radioenlaces.es/articulos/calculo-de-la-atenuacion-por-lluvia-en-un-radioenlace/>.

ANEXOS

Anexo A

Especificaciones del radio AF-11FX

DATASHEET

airFiber 11FX

Specifications

AF-11FX	
Dimensions	327 x 112 x 86 mm (12.87 x 4.41 x 3.39")
Weight	2.260 kg (5 lb)
RF Connectors	(4) SMA Weatherproof: TX 0, RX 0 (Chain 0) and TX 1, RX 1 (Chain 1) (2) N-Type Waterproof, One per Duplexer
Power Supply	50VDC, 1.2A PoE Gigabit Adapter (Included)
Power Method	Passive Power over Ethernet Pins 1, 2, 4, 5 (+) and Pins 7, 8, 3, 6 (-) or DC Power Block
Max. Power Consumption	36W
Supported Voltage Range	38-56VDC
Automatic Transmit Power Control (ATPC)	Yes
Mounting	Integrated Pole Mount Included Oversized Rocket Mount Compatible
LEDs	(8) Status LEDs: Data Port Link/Activity Management Port Link/Activity MIMO Mode RF Link (4) Autoscaling Signal Strength Bar Graph
Operating Temperature	-40 to 55° C (-40 to 131° F)
Certifications	CE, FCC, IC

AF-11FX Networking Interface	
Data Port	(1) 10/100/1000 Ethernet Port
Management Port	(1) 10/100 Ethernet Port

AF-11FX System	
Processor	INVICTUS 2 IC
Maximum Throughput	1.2+ Gbps ¹
Maximum Range	300+ km ¹
Encryption	128-bit AES
OS	airOS® F
Wireless Modes	SISO/MIMO
Latency Full Duplex Mode	< 200 µs at Full Throughput
MTU (Maximum Transmission Unit)	Up to 9600

¹ Throughput and range values may vary depending on the environmental conditions.

AF-11FX Radio	
Frequency Range	10.7-11.7 GHz ¹
Max. Conducted TX Power	30 dBm ² (Dependent on Regulatory Region)
Frequency Accuracy	± 2.0 ppm
Channel Bandwidth	3.5/5/7/10/14/20/28/30/40/50/56 MHz Selectable ³

AF-11FX Suggested Max. TX Power	
10x (1024QAM)	18 dBm
8x (256QAM)	21 dBm
6x (64QAM)	24 dBm
4x (16QAM)	30 dBm
2x (4QAM)	30 dBm
1x (QPSK)	30 dBm

AF-11FX Duplexer	
Low-Band Duplexer	Low Channel: 10.700 to 10.955 GHz High Channel: 11.200 to 11.445 GHz
High-Band Duplexer	Low Channel: 10.940 to 11.200 GHz High Channel: 11.440 to 11.700 GHz

¹ For region specific details, refer to the Compliance chapter of the airFiber AF-11FX User Guide at www.airfiber.com/downloads/af11fx

² Channel width may vary according to country/region regulations.



AF-11FX Capacity					
Channel Bandwidth	Mode	Constellation	Rate Multiplier	One-Directional Capacity (Mbps)	Bi-Directional Capacity (Mbps)
3.5 MHz	MIMO	1024 QAM	10x	38.4	76.8
		256 QAM	8x	30.7	61.4
		64 QAM	6x	23	46.0
		16 QAM	4x	15.4	30.8
		QPSK	2x	7.7	15.4
	SISO	QPSK xRT™	1x	3.8	7.6
		1024 QAM	5x	19.2	38.4
		256 QAM	4x	15.35	30.7
		64 QAM	3x	11.5	23.0
		16 QAM	2x	7.7	15.4
5 MHz	MIMO	QPSK	1x	3.85	7.7
		1024 QAM	10x	60.8	121.6
		256 QAM	8x	48.65	97.3
		64 QAM	6x	36.5	73.0
		16 QAM	4x	24.3	48.6
	SISO	QPSK	2x	12.1	24.2
		QPSK xRT™	1x	6.1	12.2
		1024 QAM	5x	30.4	60.8
		256 QAM	4x	24.3	48.6
		64 QAM	3x	18.25	36.5
7 MHz	MIMO	16 QAM	2x	12.15	24.3
		QPSK	1x	6.05	12.1
		1024 QAM	10x	86.4	172.8
		256 QAM	8x	69.1	138.2
		64 QAM	6x	51.8	103.6
	SISO	16 QAM	4x	34.6	69.2
		QPSK	2x	17.3	34.6
		QPSK xRT™	1x	8.6	17.2
		1024 QAM	5x	43.2	86.4
		256 QAM	4x	34.55	69.1
10 MHz	MIMO	64 QAM	3x	25.9	51.8
		16 QAM	2x	17.3	34.6
		QPSK	1x	8.65	17.3
		1024 QAM	10x	128	256.0
		256 QAM	8x	102.4	204.8
	SISO	64 QAM	6x	76.8	153.6
		16 QAM	4x	51.2	102.4
		QPSK	2x	25.6	51.2
		QPSK xRT™	1x	12.8	25.6
		1024 QAM	5x	64	128.0
	SISO	256 QAM	4x	51.2	102.4
		64 QAM	3x	38.4	76.8
		16 QAM	2x	25.6	51.2
		QPSK	1x	12.8	25.6

AF-11FX Capacity					
Channel Bandwidth	Mode	Constellation	Rate Multiplier	One-Directional Capacity (Mbps)	Bi-Directional Capacity (Mbps)
14 MHz	MIMO	1024 QAM	10x	182.4	364.8
		256 QAM	8x	145.9	291.8
		64 QAM	6x	109.4	218.8
		16 QAM	4x	72.9	145.8
		QPSK	2x	36.5	73.0
	QPSK xRT™	1x	18.2	36.4	
	SISO	1024 QAM	5x	91.2	182.4
		256 QAM	4x	72.95	145.9
		64 QAM	3x	54.7	109.4
		16 QAM	2x	36.45	72.9
QPSK		1x	18.25	36.5	
20 MHz	MIMO	1024 QAM	10x	259.2	518.4
		256 QAM	8x	207.3	414.6
		64 QAM	6x	155.5	311.0
		16 QAM	4x	103.7	207.4
		QPSK	2x	51.8	103.6
	QPSK xRT™	1x	25.9	51.8	
	SISO	1024 QAM	5x	129.6	259.2
		256 QAM	4x	103.65	207.3
		64 QAM	3x	77.75	155.5
		16 QAM	2x	51.85	103.7
QPSK		1x	25.9	51.8	
28 MHz	MIMO	1024 QAM	10x	361.6	723.2
		256 QAM	8x	289.3	578.6
		64 QAM	6x	216.9	433.8
		16 QAM	4x	144.6	289.2
		QPSK	2x	72.3	144.6
	QPSK xRT™	1x	36.2	72.4	
	SISO	1024 QAM	5x	180.8	361.6
		256 QAM	4x	144.65	289.3
		64 QAM	3x	108.45	216.9
		16 QAM	2x	72.3	144.6
QPSK		1x	36.2	72.4	
30 MHz	MIMO	1024 QAM	10x	384	768.0
		256 QAM	8x	307.2	614.4
		64 QAM	6x	230.4	460.8
		16 QAM	4x	153.6	307.2
		QPSK	2x	76.8	153.6
	QPSK xRT™	1x	38.4	76.8	
	SISO	1024 QAM	5x	192	384.0
		256 QAM	4x	153.6	307.2
		64 QAM	3x	115.2	230.4
		16 QAM	2x	76.8	153.6
QPSK		1x	38.4	76.8	

AF-11FX Capacity					
Channel Bandwidth	Mode	Constellation	Rate Multiplier	One-Directional Capacity (Mbps)	Bi-Directional Capacity (Mbps)
40 MHz	MIMO	1024 QAM	10x	502.4	1004.8
		256 QAM	8x	401.8	803.6
		64 QAM	6x	301.4	602.8
		16 QAM	4x	200.9	401.8
		QPSK	2x	100.4	200.8
	QPSK xRT™	1x	50.2	100.4	
	SISO	1024 QAM	5x	251.2	502.4
		256 QAM	4x	200.9	401.8
		64 QAM	3x	150.7	301.4
		16 QAM	2x	100.45	200.9
QPSK		1x	50.2	100.4	
50 MHz ¹	MIMO	1024 QAM	10x	617.6	1235.2
		256 QAM	8x	494.1	988.2
		64 QAM	6x	370.6	741.2
		16 QAM	4x	247	494.0
		QPSK	2x	123.5	247.0
	QPSK xRT™	1x	61.8	123.6	
	SISO	1024 QAM	5x	308.8	617.6
		256 QAM	4x	247.05	494.1
		64 QAM	3x	185.3	370.6
		16 QAM	2x	123.5	247.0
QPSK		1x	61.75	123.5	
56 MHz ¹	MIMO	1024 QAM	10x	687.9	1375.8
		256 QAM	8x	550.4	1100.8
		64 QAM	6x	412.8	825.6
		16 QAM	4x	275.2	550.4
		QPSK	2x	137.6	275.2
	QPSK xRT™	1x	68.8	137.6	
	SISO	1024 QAM	5x	343.95	687.9
		256 QAM	4x	275.2	550.4
		64 QAM	3x	206.4	412.8
		16 QAM	2x	137.6	275.2
QPSK		1x	68.8	137.6	

¹ Used only for 50 MHz channeling for the FCC.



AF-11FX Receive MIMO Sensitivity in dBm												
Data Rate	Modulation	Channel (MHz)										
		3.5	5	7	10	14	20	28	30	40	50	56
10x	1024QAM MIMO	-64.5	-63.0	-61.5	-60.0	-58.5	-57.0	-55.5	-55.2	-54.0	-53.0	-52.5
8x	256QAM MIMO	-72.5	-71.0	-69.5	-68.0	-66.5	-65.0	-63.5	-63.2	-62.0	-61.0	-60.5
6x	64QAM MIMO	-79.5	-78.0	-76.5	-75.0	-73.5	-72.0	-70.5	-70.2	-69.0	-68.0	-67.5
4x	16QAM MIMO	-86.5	-85.0	-83.5	-82.0	-80.5	-79.0	-77.5	-77.2	-76.0	-75.0	-74.5
2x	QPSK MIMO	-93.5	-92.0	-90.5	-89.0	-87.5	-86.0	-84.5	-84.2	-83.0	-82.0	-81.5
1x	1/4 Rate QPSK xRT	-95.5	-94.0	-92.5	-91.0	-89.5	-88.0	-86.5	-86.2	-85.0	-84.0	-83.5

AF-11FX Receive SISO Sensitivity in dBm												
Data Rate	Modulation	Channel (MHz)										
		3.5	5	7	10	14	20	28	30	40	50	56
5x	1024QAM SISO	-64.5	-63.0	-61.5	-60.0	-58.5	-57.0	-55.5	-55.2	-54.0	-53.0	-52.5
4x	256QAM SISO	-72.5	-71.0	-69.5	-68.0	-66.5	-65.0	-63.5	-63.2	-62.0	-61.0	-60.5
3x	64QAM SISO	-79.5	-78.0	-76.5	-75.0	-73.5	-72.0	-70.5	-70.2	-69.0	-68.0	-67.5
2x	16QAM SISO	-86.5	-85.0	-83.5	-82.0	-80.5	-79.0	-77.5	-77.2	-76.0	-75.0	-74.5
1x	QPSK SISO	-93.5	-92.0	-90.5	-89.0	-87.5	-86.0	-84.5	-84.2	-83.0	-82.0	-81.5



Specifications are subject to change. Ubiquiti products are sold with a limited warranty described at www.ubnt.com/support/warranty.
 ©2017 Ubiquiti Networks, Inc. All rights reserved. Ubiquiti, Ubiquiti Networks, the Ubiquiti U logo, the Ubiquiti Beam logo, airFiber, airFiber, airFiber, airFiber, airFiber, and airFiber are trademarks or registered trademarks of Ubiquiti Networks, Inc. in the United States and in other countries. All other trademarks are the property of their respective owners.



Anexo B

Especificaciones de antena AF 11G35

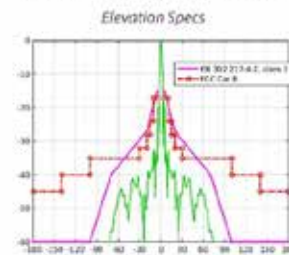
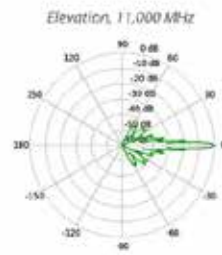
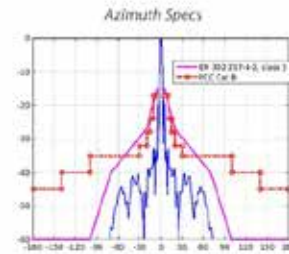
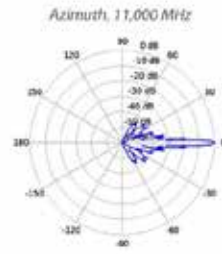
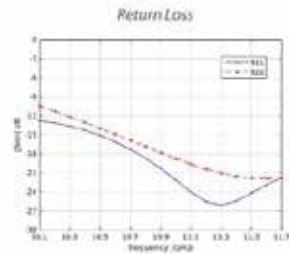
DATASHEET

airFiber X Antenna

Specifications

AF-11G35 Antenna Characteristics	
Dimensions	ø 811 x 460 mm (ø 31.9 x 18.1")
Weight	Mount Not Included : 7.14 kg (15.74 lb) Mount Included : 11.85 kg (26.12 lb)
Frequency Range	10.3 - 11.7 GHz
Gain	35 dBi
HPOL Beamwidth	2.5°
VPOL Beamwidth	2.5°
Front-to-Back Ratio	60 dB
Max. VSWR	2:1
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)
Wind Loading	1538 N @ 200 km/h (346 lbf @ 125 mph)
Polarization	Default: H/V After Rotating OMT: ±45°
Cross-Pol Isolation	35 dB
Mounting	Uses the AF-5/AF-5U Mounting System
Pattern Regulatory	ETSI 302 217-4-2, Class 3 and FCC Cat B

AF-11G35 Antenna Information



Specifications are subject to change. Ubiquiti products are sold with a limited warranty described at www.ubnt.com/support/warranty.
© 2015-2017 Ubiquiti Networks, Inc. All rights reserved. Ubiquiti, Ubiquiti Networks, the Ubiquiti U logo, the Ubiquiti logo, airFiber, airMAX, airOS, and Rocket are trademarks or registered trademarks of Ubiquiti Networks, Inc. in the United States and in other countries. All other trademarks are the property of their respective owners.



Anexo C

Torres de comunicación involucradas en los enlaces.

Baruta



Copey



Cerro el Amparo



Anexo D

Rec. UIT-R PN.837-1 RECOMENDACIÓN UIT-R PN.837-1 CARACTERÍSTICAS DE LA PRECIPITACIÓN PARA ESTABLECER MODELOS DE PROPAGACIÓN

(Cuestión UIT-R 201/3)

(1992-1994) Rec. UIT-R PN.837-1

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

- a) que se necesita información sobre las estadísticas de intensidad de la precipitación para la predicción de la atenuación y de la dispersión producidas por la precipitación;
- b) que esa información se necesita para todos los emplazamientos del mundo;
- c) que se ha preparado una versión digitalizada de los mapas de las zonas hidrometeorológicas que puede resultar útil para algunas aplicaciones informatizadas, recomienda
 1. que se utilicen las figs. 1 a 3 al seleccionar las zonas hidrometeorológicas para la predicción de los efectos de la precipitación;
 2. que se utilice el cuadro 1 para obtener una estimación de la distribución acumulativa mediana de las intensidades de lluvia en las regiones hidrometeorológicas;
 3. que, cuando cualquier aplicación informatizada necesite la zona hidrometeorológica para un conjunto de cualquiera de las coordenadas geográficas, se utilice el programa RAINZONE. (El soporte lógico de RAINZONE está disponible en la Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT.)

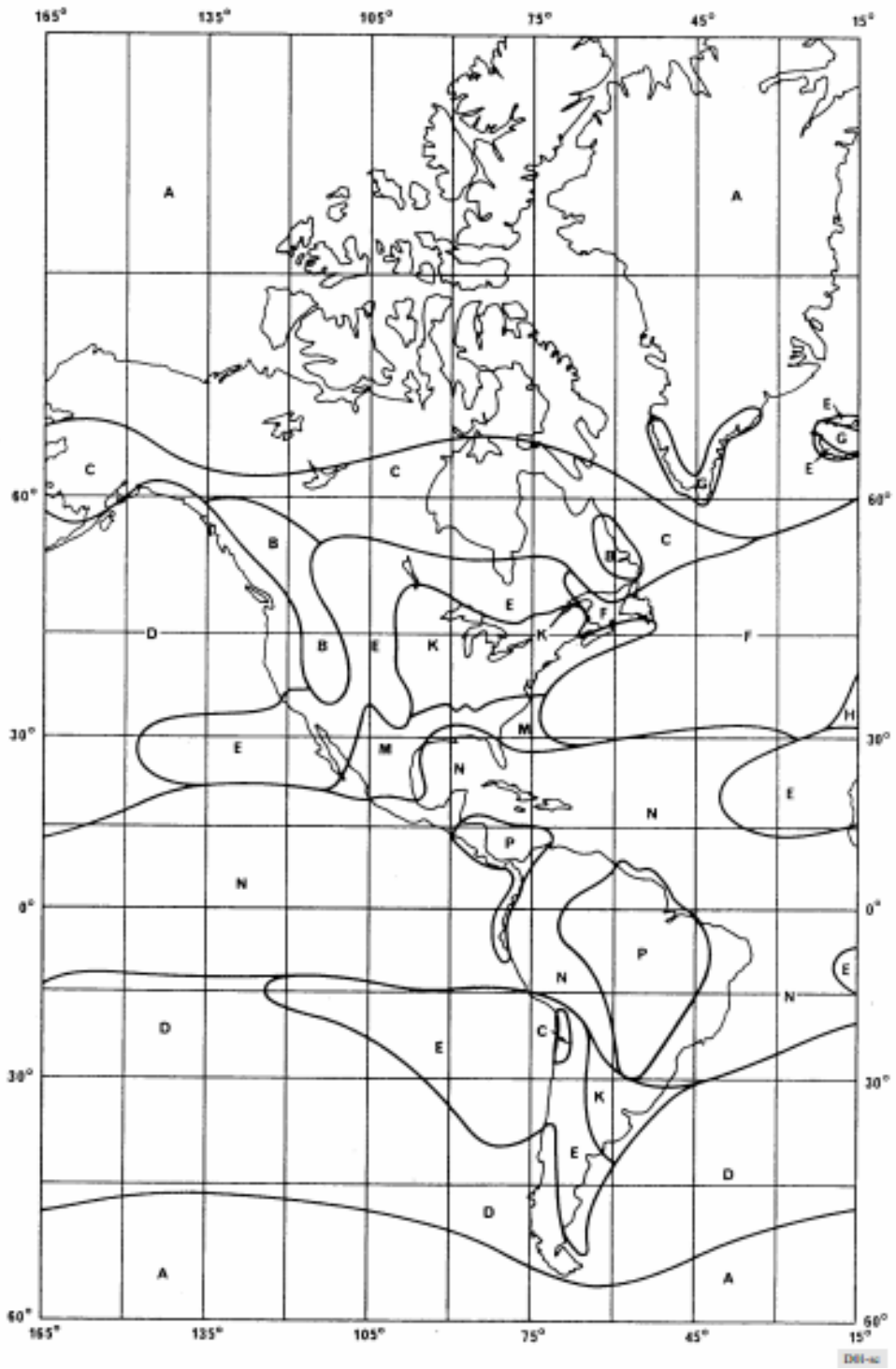
CUADRO 1

Zonas hidrometeorológicas

Intensidad de la lluvia excedida (mm/h) (Véanse las figs. 1 a 3)

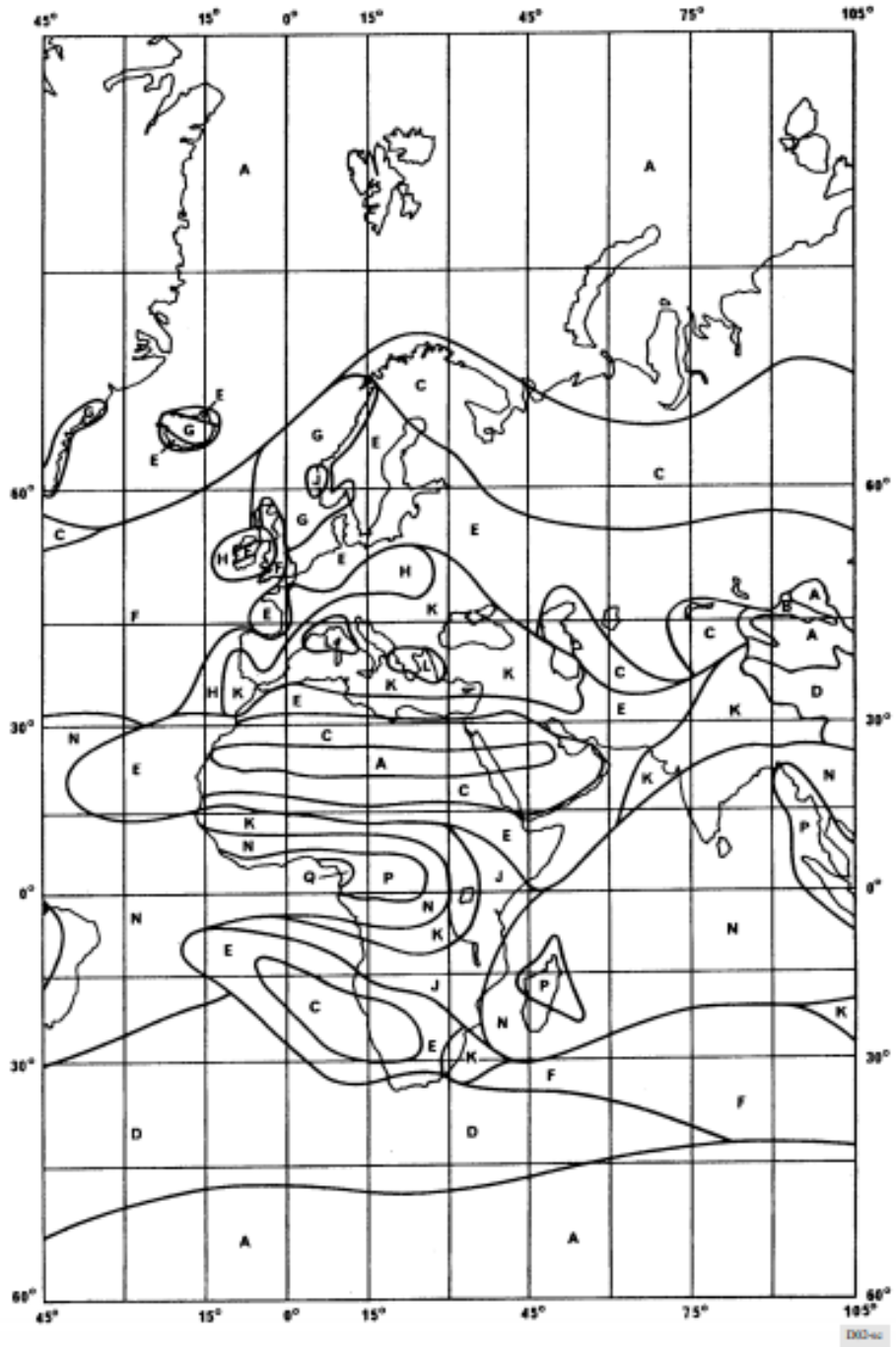
Porcentaje de tiempo (%)	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q
1,0	< 0,1	0,5	0,7	2,1	0,6	1,7	3	2	8	1,5	2	4	5	12	24
0,3	0,8	2	2,8	4,5	2,4	4,5	7	4	13	4,2	7	11	15	34	49
0,1	2	3	5	8	6	8	12	10	20	12	15	22	35	65	72
0,03	5	6	9	13	12	15	20	18	28	23	33	40	65	105	96
0,01	8	12	15	19	22	28	30	32	35	42	60	63	95	145	115
0,003	14	21	26	29	41	54	45	55	45	70	105	95	140	200	142
0,001	22	32	42	42	70	78	65	83	55	100	150	120	180	250	170

Rec. UIT-R PN.837-1
FIGURA 1
(Véase el cuadro 1)



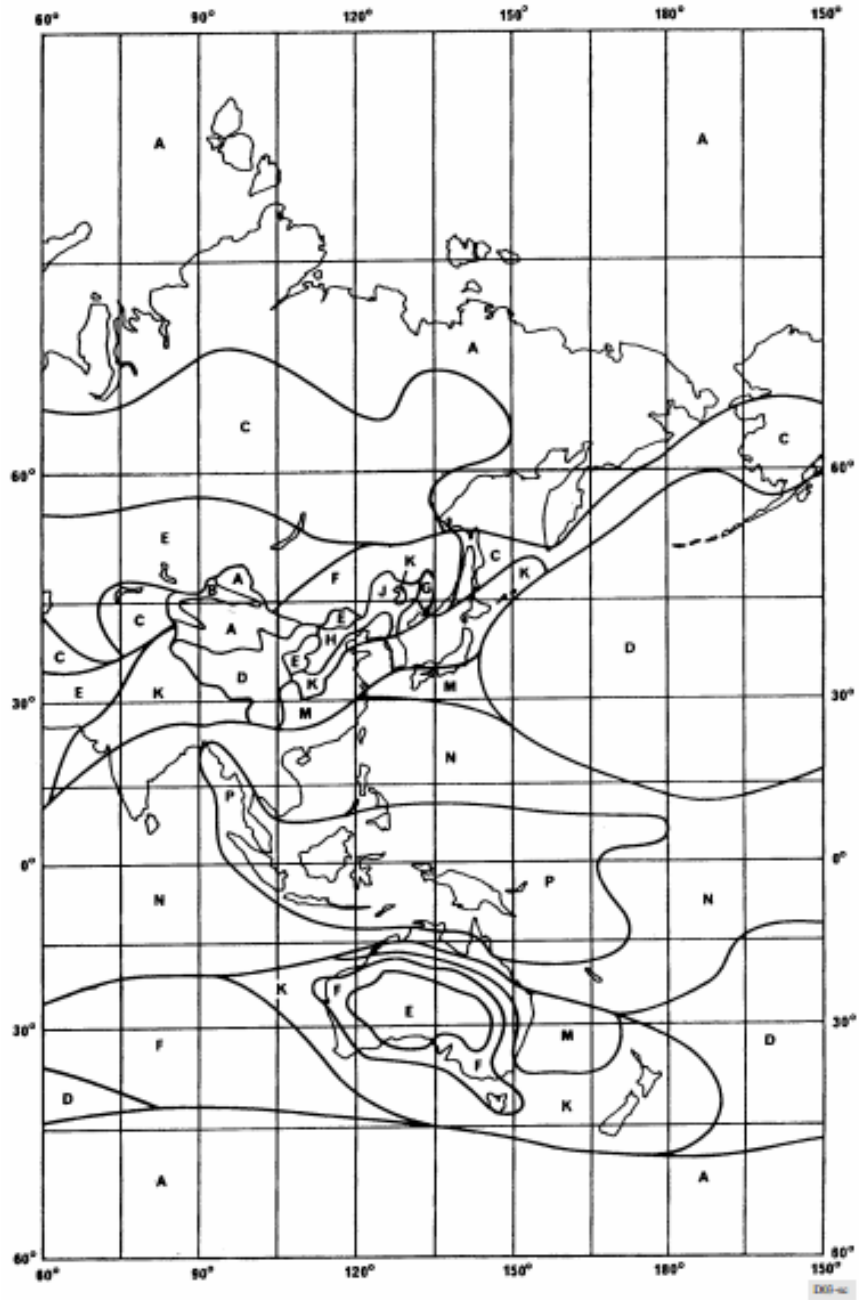
Rec. UIT-R PN.837-1

FIGURA 2
(Véase el cuadro 1)



Rec. UIT-R PN.837-1

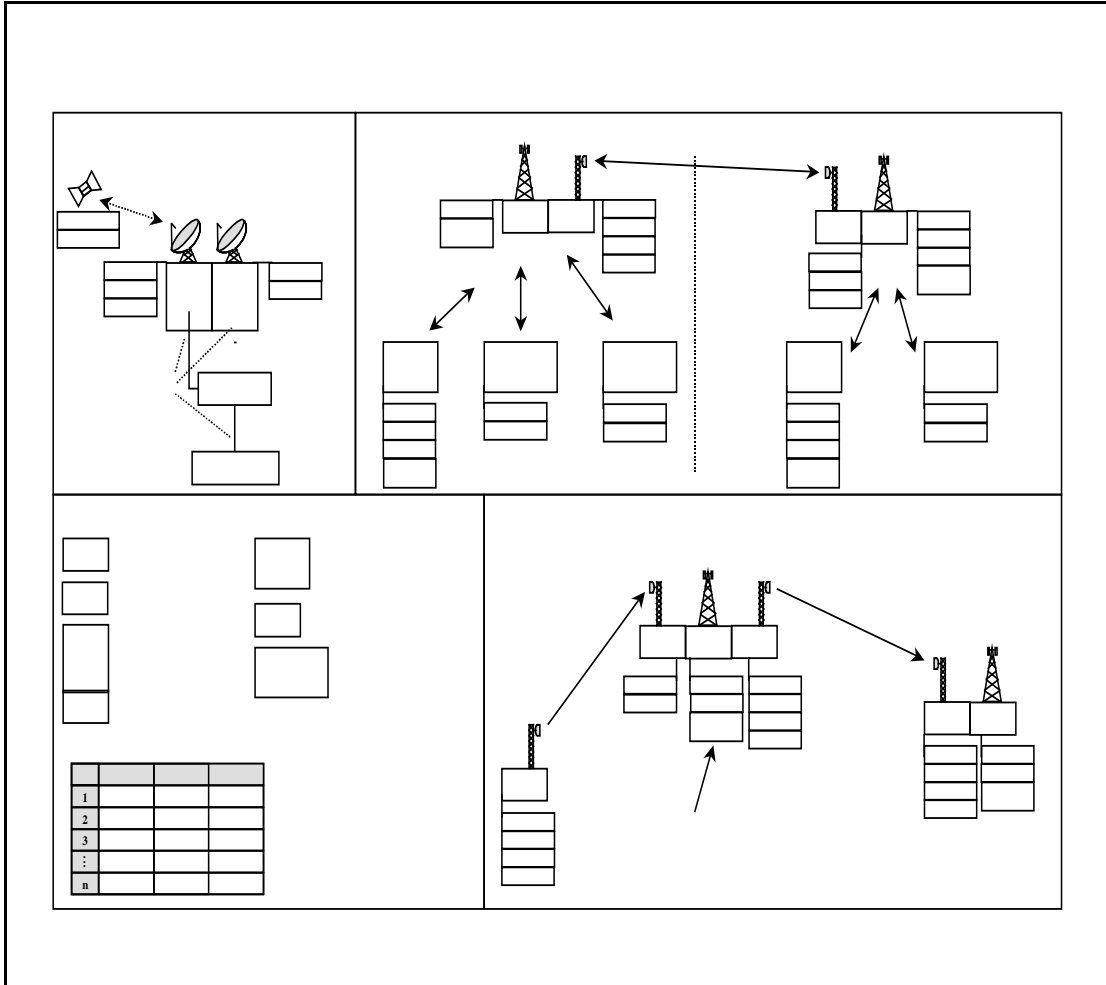
FIGURA 3
(Véase el cuadro 1)



Anexo E

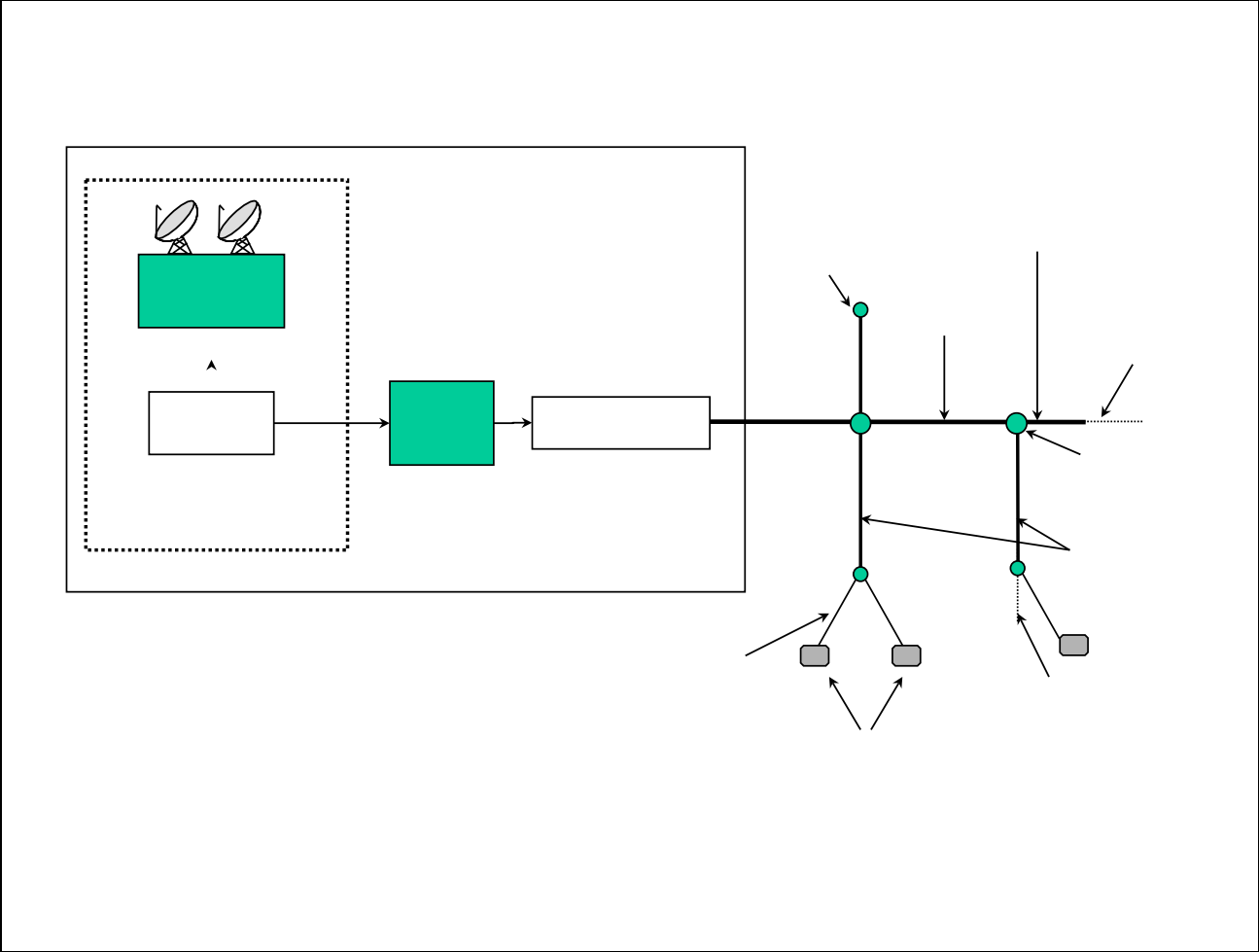
A continuación se mostrarán los anexos suministrados por CONATEL para el otorgamiento de concesiones.

T1-A

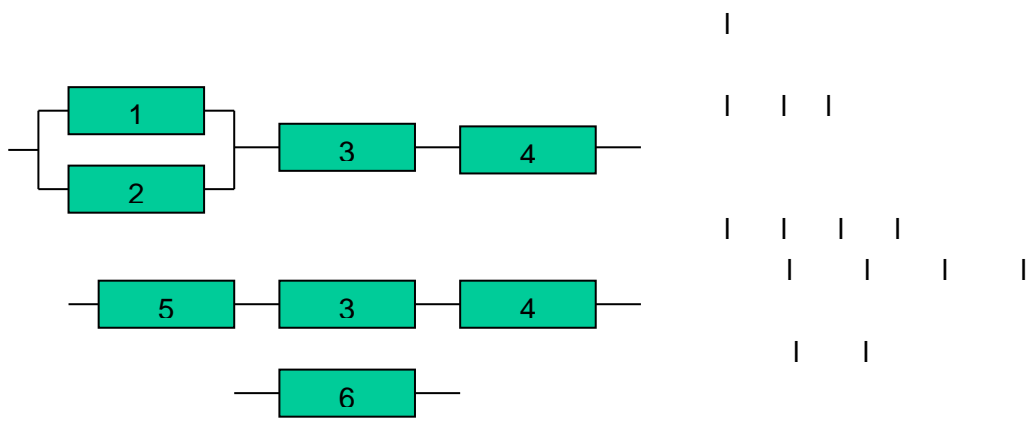
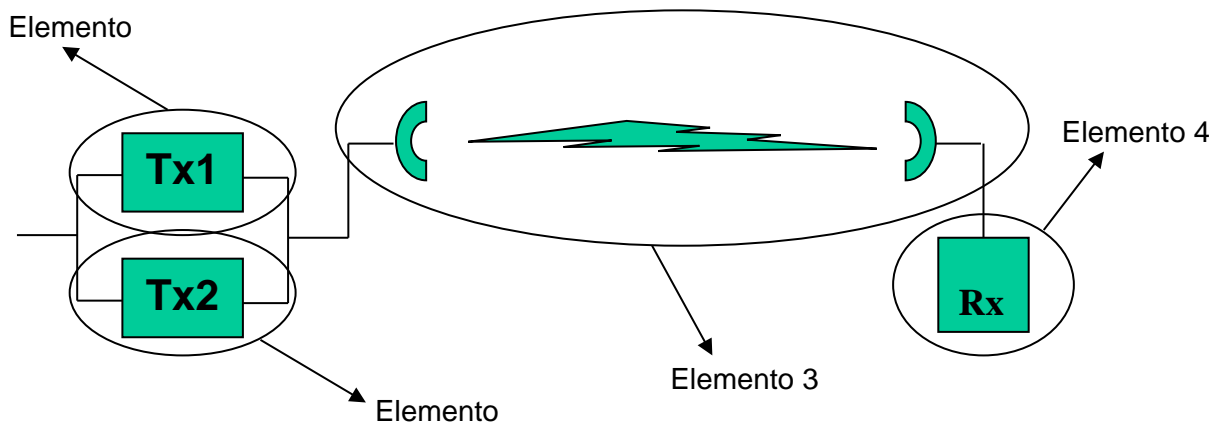
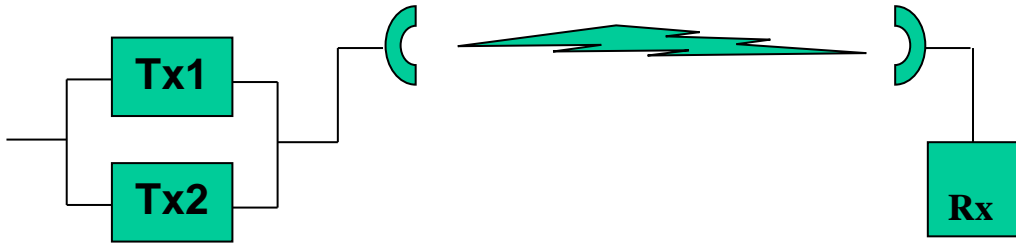


ANEXO T-2A

ANEXO T-1B



ANEXO T-3



ANEXO T-9

·
·
·
·
·

m

ANEXO T-10

