



**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA  
PLATAFORMA ALTERNATIVA DE  
TRANSMISIÓN DE DATOS PARA PDVSA  
GAS, EN EL ÁREA OPERACIONAL,  
ALTAGRACIA DE ORITUCO, UBICADA  
EN EL ESTADO GUÁRICO**

**Autor:** Malavé, Jesús

C.I. 23.550.427

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 INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLATAFORMA ALTERNATIVA DE  
TRANSMISIÓN DE DATOS PARA PDVSA GAS, EN EL ÁREA OPERACIONAL,  
ALTAGRACIA DE ORITUCO, UBICADA EN EL ESTADO GUÁRICO**

**Empresa:** PETRÓLEOS DE VENEZUELA, S.A

**Autor:** Malavé, Jesús

C.I. 23.550.427

San Diego, Octubre de 2017



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

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLATAFORMA ALTERNATIVA DE  
TRANSMISIÓN DE DATOS PARA PDVSA GAS, EN EL ÁREA OPERACIONAL,  
ALTAGRACIA DE ORITUCO, UBICADA EN EL ESTADO GUÁRICO**

**CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN**

---

José Centeno C.I.: 10.738.814

---

Alejandro Martínez C.I.: 19.203.735

AUTOR: Malavé, Jesús

C.I.: 23.550.427

San Diego, Octubre de 2017

## ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, José Centeno, portador de la Cédula de Identidad N° 10.738.814, en mi carácter de Tutor del informe de pasantías presentado por el Ciudadano Br Jesús E. Malavé F., portador de la cédula de identidad N° 23.550.427, titulado **propuesta de diseño de una plataforma alternativa de transmisión de datos para PDVSA gas, en el área operacional , Altagracia de Orituco, ubicada en el estado Guárico**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero de Telecomunicaciones, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 19 días del mes de octubre del año 2017 .

---

Ing. José Centeno.

C.I.: 10.738.814

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios por darme la oportunidad de cumplir una de mis metas más importantes y por bendecirme en cada paso que doy.

A mis padres, a quienes aprecio y amo con todo mi corazón, y que gracias a todo su apoyo y sus enseñanzas he podido llegar a donde me encuentro **hoy**, a mis hermanos por ser parte fundamental de mi vida.

A mis abuelos, que desde pequeño me han enseñado como ser una excelente persona, a mis tíos, primos, a toda mi familia por ser fuente de inspiración para lograr mis metas.

A mi novia hermosa por siempre apoyarme y ser parte fundamental en mi vida, gracias por siempre estar conmigo y ayudarme a cumplir mis metas.

A mis compañeros los cuales tuve el privilegio de conocer a lo largo de mi carrera, quienes han sido un gran apoyo para mí.

A mi tutor académico y profesor José Centeno, por ser un gran profesor y enseñarme innumerables conocimientos que me servirán en mi profesión.

A todos los profesores que a lo largo de mi carrera me brindaron suficientes conocimientos para desarrollarme profesionalmente en mi vida.

Al personal de AIT Aragua por ser de gran ayuda para llevar a cabo mi trabajo investigativo, por el excelente trato en mi periodo de pasantías con ellos y también por sus enormes enseñanzas.

A la Universidad José Antonio Páez por impulsar mi desarrollo como un ser humano profesional.

A todos ellos **GRACIAS**

## **DEDICATORIA**

Le dedico este trabajo en especial a mi abuela Omaira Toussaint, gracias abuela por todas tus enseñanzas y por el gran amor que siempre me brindaste, sé que aunque no estés presente estas a mi lado mientras escribo cada una de las palabras que aquí se encuentran.

A mi madre Maira Franco, por ser la persona que me dio la vida y que me apoya en cada uno de los pasos que doy, siempre estas allí dando lo mejor de ti para que mis sueños puedan hacerse realidad. Todos los días le doy gracias a Dios por darme una madre tan maravillosa como tú. También a la persona que elegiste para estar a tu lado el resto de tu vida como tu esposo, gracias Wilfredo por tantas enseñanzas impartidas en mí y por quererme como tu hijo.

A mi padre José Vicente Malavé, por confiar en mí y apoyarme para poder lograr realizarme como un gran profesional, eres un padre y hombre excepcional. Gracias por estar siempre para mí cuando lo he necesitado.

A mi abuelo Ernesto Franco, por ser como un padre para mí desde el día que nací, darme apoyo y cuidarme en todo momento al estar siempre pendiente de mí.

A mi abuelo José Vicente, gracias a ti escogí mi carrera universitaria, siempre has estado al pendiente de mí y de mis necesidades.

A mi abuela Nancy Izaguirre, por apoyarme en todo momento y guiarme en todo momento para así formarme como una gran persona.

A mi novia, Gilmar Arias por darme tu confianza y tu amor cada día desde que estamos juntos y por apoyarme a ser una mejor persona de mí mismo en cada momento de nuestra vida.

**Jesús Ernesto Malavé Franco**

## ÍNDICE GENERAL

	CONTENIDO pp.
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I. LA EMPRESA</b>	
1.1. Identificación de la empresa.....	3
1.2. Misión.....	3
1.3. Visión.....	4
1.4. Valores corporativos.....	4
1.5. Objetivos	
1.5.1. Objetivo general.....	5
1.5.2. Objetivo específico.....	5
1.6. Estructura organizacional.....	6
1.7. Actividades realizadas.....	6
<b>II. EL PROBLEMA</b>	
2.1. Planteamiento del problema.....	8
2.2. Formulación del problema.....	9
2.3. Objetivos	
2.3.1. Objetivo general.....	9
2.3.2. Objetivos específicos.....	10
2.4. Justificación.....	10
2.5. Alcance.....	10
2.6. Limitaciones.....	11
<b>III. MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL</b>	
3.1. Antecedentes.....	12
3.2. Bases teóricas.....	14
3.3. Definición de términos.....	32

#### **IV. FASES METODOLÓGICAS**

4.1 Fase I: Realización de un diagnóstico en las estaciones de telecomunicaciones de la red troncal de PDVSA Nurgas Oriente (Altagracia de Orituco).....	34
4.2 Fase II: Determinación de la opción tecnológica adecuada a los requerimientos de la plataforma a diseñar.....	33
4.3 Fase III: Diseño de la plataforma alternativa de transmisión de datos.....	34

#### **V. RESULTADOS**

5.1. Fase I: Realización de un diagnóstico en las estaciones de telecomunicaciones de la red troncal de PDVSA Nurgas Oriente (Altagracia de Orituco).....	36
5.1.1. Descripción de las estaciones.....	37
5.1.1.1. Estación potrerito.....	37
5.1.1.1.1. Datos de la estación.....	37
5.1.1.1.2. Datos de la torre.....	38
5.1.1.2. Estación N53.....	38
5.1.1.2.1. Datos de la estación.....	38
5.1.1.2.2. Datos de la torre.....	39
5.1.1.3. Estación Chorore.....	40
5.1.1.3.1. Datos de la estación.....	40
5.1.1.3.2. Datos de la torre.....	41
5.1.1.4. Estación El Chivo.....	42
5.1.1.4.1. Datos de la estación.....	42
5.1.1.4.2. Datos de la torre.....	43
5.1.2. Equipos utilizados en la red Nurgas Oriente.....	44
5.1.2.1. Radios utilizados.....	44
5.1.2.1.1. Características internas.....	45
5.1.2.1.2. Características Externas.....	45
5.1.2.2. Elementos en la tapa frontal de los módulos.....	47

5.1.2.2.1. Modulo transmisor.....	47
5.1.2.2.2. Modulo receptor Principal.....	48
5.1.2.2.3. Modulo receptor de diversidad de espacio.....	48
5.1.3. Requerimientos de la red actual.....	49
5.2. Fase II: Determinación de la opción tecnológica adecuada a los requerimientos de la plataforma a diseñar.....	49
5.2.1. Fibra óptica.....	49
5.2.1.1. Ventajas.....	49
5.2.1.2. Desventajas.....	50
5.2.2. Enlaces de microondas.....	50
5.2.2.1. Ventajas.....	50
5.2.2.2. Desventajas.....	51
5.2.3. Opción tecnológica adecuada a los requerimientos de la plataforma a diseñar.	51
5.3. Fase III: Diseño de la plataforma alternativa de transmisión de datos.....	51
5.3.1. Descripción de equipos.....	52
5.3.1.1. Radio de enlaces de microondas Rocket M5.....	52
5.3.1.2. Antenas Rocket Dish.....	54
5.3.2. Descripción de los enlaces utilizando Radio Mobile.....	55
5.3.2.1. Potrerito – N53.....	55
5.3.2.2. N53 – Chorore.....	61
5.3.2.3. Chorore – El Chivo.....	67
5.3.3. Cálculos manuales de los enlaces.....	72
5.3.3.1. Pérdida de la línea.....	72
5.3.3.2. Pérdida por conectores.....	72
5.3.3.3. Pérdida total por cada línea.....	72
5.3.3.4. Pérdida en el espacio libre (PEL).....	73
5.3.3.4. Potencia entregada a la antena.....	73
5.3.3.5. Potencia Efectiva Radiada (PER).....	74
5.3.3.6. Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE).....	74

5.3.3.7. Campo eléctrico E (dB $\mu$ V/m).....	75
5.3.3.8. Margen de desvanecimiento.....	76
5.3.3.9. Potencia en el receptor (Prx).....	77
5.3.3.10. Margen dinámico.....	78
5.3.3.11. Ganancia del sistema.....	79
<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>84</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>86</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>90</b>
A. Especificaciones radio Rocket M5.....	91
B. Especificaciones antena Rocket Dish 34 dBi.....	92

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURAS</b>	<b>pp.</b>
1. Organigrama de la empresa PDVSA GAS.....	6
2. Absorción atmosférica de las ondas electromagnéticas.....	16
3. Refracción en una frontera plana entre dos medios.....	17
4. Reflexión electromagnética en una frontera plana entre dos medios.....	18
5. Reflexión en una superficie semiáspera.....	19
6. Difracción de ondas electromagnéticas.....	20
7. Interferencia de las ondas electromagnéticas.....	21
8. Polarización vertical de una antena.....	24
9. Polarización Horizontal de una antena.....	24
10. Perspectiva de corte de una guía de ondas rectangular.....	25
11. Modos normales de propagación de ondas.....	26
12. Propagación de ondas terrestres.....	27
13. Ondas espaciales y horizonte de radio.....	28
14. Propagación de ondas espaciales.....	29
15. Capas ionosféricas.....	30
16. Zona de Fresnel.....	31
17. Ubicación de estaciones repetidoras a estudiar.....	37
18. Vista de la gaceta de telecomunicaciones de la estación N53.....	39
19. Torre autosoportada de la estación N53.....	40
20. Vista de la caseta de telecomunicaciones de la estación Chorore.....	41
21. Torre autosoportada de la estación Chorore .....	42
22. Caseta de telecomunicaciones de la estación El Chivo.....	43
23. Torre autosoportada de la estación El Chivo.....	44
24. Disposición del transceptor CTR 216/6U en el bastidor.....	46
25. Vista externa del Módulo Transmisor .....	47
26. Vista externa del módulo receptor principal.....	48

27. Ubicación geográfica de las estaciones con cantidad de transeptores.....	52
28. Radio Rocket M5.....	53
29. Antena Rocket Dish 34dBi.....	55
30. Ubicación geográfica del enlace Potrerito – N53.....	56
31. Parámetros del sistema Potrerito – N53.....	57
32. Miembro Potrerito del enlace Potrerito – N53.....	58
33. Miembro N53 del enlace Potrerito – N53.....	58
34. Sistema de todos los enlaces.....	59
35. Enlace Potrerito – N53 diseñado con software Radio Mobil.....	60
36. Ubicación de la antena en la torre autosoportada.....	60
37. Ubicación de la antena en la torre autosoportada de N53 con vista a Potrerito...	60
38. Ubicación geográfica del enlace N53 – Chorore.....	62
39. Parámetros del sistema N53 - Chorore.....	63
40. Miembro N53 del enlace N53 – Chorore.....	64
41. Miembro Chorore del enlace N53 - Chorore.....	64
42. Enlace N53 – Chorore diseñado con software Radio Mobil.....	65
43. Ubicación de la antena en la torre autosoportada de N53 con vista a Chorore...	66
44. Ubicación de la antena en la torre autosoportada de Chorore con vista N53.....	66
45. Ubicación geográfica enlace Chorore – El Chivo.....	67
46. Parámetros del sistema Chorore - El Chivo.....	68
47. Miembro Chorore del enlace Chorore – El Chivo.....	69
48. Miembro El Chivo del enlace Chorore – El Chivo.....	69
49. Enlace Chorore – El Chivo diseñado con software Radio Mobil.....	70
50. Ubicación de la antena en la torre autosoportada de Chorore con vista El Chivo.	71
51. Ubicación de la antena en la torre autosoportada de El Chivo con vista Chorore.	71

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLAS</b>	<b>pp.</b>
1. Descripción de la torre estación Potrerito.....	38
2. Descripción de la torre estación N53.....	39
3. Descripción de la torre estación Chorore.....	41
4. Descripción de la torre El Chivo.....	43
5. Comparación de los cálculos teóricos con los simulados Para el enlace Potrerito – N53.....	81
6. Comparación de los cálculos teóricos con los simulados Para el enlace N53 – Chorore.....	81
7. Comparación de los cálculos teóricos con los simulados Para el enlace Chorore – El Chivo.....	82

## INTRODUCCIÒN

Hoy en día las redes de voz y datos son el punto de partida de las comunicaciones y son pieza clave en el funcionamiento de cualquier espacio de trabajo que se puede concebir, estas redes son diseñadas para permitir la interconexión de todas las áreas de una empresa buscando la eficiencia en el propósito de la misma, de manera que para cumplir con dichos propósitos es primordial que los medios por donde transita la información estén libres de cualquier traba o interrupción a lo largo de las líneas de transmisión para que la comunicación se complete de manera adecuada.

En este sentido, la investigación que se presenta a continuación, se estructura de la siguiente manera: Capítulo I: La Empresa. Se describe a la empresa y se muestra la misión, visión, valores, objetivos, estructura organizativa y otras actividades generales que se realizan en ella para tener un concepto identificado acerca del lugar donde se radicara el informe.

Capítulo II: El Problema. Aquí se encontrara el planteamiento radicado en la empresa Petróleos de Venezuela, S.A., para el desarrollo de la propuesta de diseño de la plataforma alternativa de trasmisión de datos para la división de PDVSA GAS, en el área operacional, ubicada en Altigracia de Orituco, Estado Guárico, sé explica el objetivo general y sus objetivos específicos, explicando en estos, el diagnostico la identificación y creación del estrategia la justificación por el cual es factible esta guía y el alcance de la misma.

Capítulo III: Marco Referencial Conceptual. Se presentan los antecedentes de autores diversos de trabajos pasados con los aportes congruentes para la investigación, las bases teóricas que la sustentan y los términos básicos en su desarrollo.

Capítulo IV: Fases Metodológicas. En el mismo consta la metodología necesaria para el desarrollo del estrategia corporativo, donde se explican los elementos necesarios en los cuales la compañía solicita la ayuda necesaria para minimizar los vacíos encontrados en sus políticas de comunicación. Su nivel es de carácter descriptivo, ya que se requiere de una amplia gama de investigaciones y recursos anteriores para establecer conceptos teóricos

claros de lo que se requiere y la descripción necesaria de elementos puntuales dentro de la estrategia. En este mismo capítulo se plantea que la población considerada para el análisis de los datos es intencionada, por ser sumamente no significativa. Se establecen las fases metodológicas, su nivel, modalidad y estructura.

Capítulo V: Recursos. Aquí se especifica los recursos materiales, institucionales, humanos y de tiempo, utilizados para la investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **LA EMPRESA**

### **1.1. Identificación de la Empresa**

Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA) y sus filiales forman parte de la IPPCN, es una corporación propiedad de la República Bolivariana de Venezuela, subordinada al Estado venezolano y profundamente comprometida con el auténtico dueño del petróleo: el pueblo venezolano. Fue creada por decreto gubernamental durante la primera presidencia de Carlos Andrés Pérez luego de la nacionalización de la industria petrolera, dando inicio a sus operaciones el 1 de enero de 1976. Compañía en el mundo, con reconocimiento de alto nivel operativo, dominio tecnológico y excelencia de gestión.

En la actualidad Petróleos de Venezuela, S.A. mantiene una firme presencia en el mercado con una amplia relación comercial con sus socios en la región, así como con aquellas naciones poseedoras de un extenso potencial para invertir en el negocio petrolero.

El departamento de AIT, está ubicado en la Av. Bolívar de Maracay, Estado Aragua, y este se encarga de desarrollar, adquirir, implementar y mantener las bases de datos y los sistemas de información industrial actualizada que requiere la empresa; así como también velar por el buen funcionamiento de los sistemas de comunicación y automatización de ésta.

### **1.2. Misión**

Regular, formular, administrar, evaluar y controlar las políticas del Ejecutivo Nacional, en las áreas de hidrocarburos, energía en general, petroquímica, carboquímica, similares y conexas, para promover su explotación racional, armónica e integral y garantizar su necesaria contribución al desarrollo económico, social y endógeno sostenible y sustentable de la República Bolivariana de Venezuela.

### **1.3. Visión**

Ser el órgano de la administración pública central líder rector de las áreas de hidrocarburos, energía en general, petroquímica, carboquímica, similares y conexas, en razón a su competencia institucional y acción adecuada y oportuna fundamentada sólidamente en la excelencia y motivación al logro de sus trabajadores.

#### **1.4. Valores Corporativos**

- § **Ética Socialista:** Impulsamos el intercambio de conocimientos con nuestras comunidades, contribuyendo al proceso de formación y conciencia moral. Auspiciamos la transferencia de poder en las comunidades organizadas, incentivamos las nuevas relaciones de producción, cooperación y propiedad social.
- § **Honestidad:** Nos comportamos con rectitud y Actuamos con claridad, facilitando el alcance a información veraz y oportuna a todos los involucrados en las actividades que realizamos, conscientes siempre del ejercicio de funcionarios públicos.
- § **Responsabilidad:** Enaltecemos con dignidad nuestros compromisos, cumpliendo de manera oportuna y con altos estándares de calidad y confiabilidad. Asumimos con humildad el impacto de nuestras acciones y las consecuencias de nuestras decisiones, aprendemos de ellas con la mayor disposición a mejorar y aplicar correctivos inmediatos.
- § **Igualdad:** Estimulamos la inserción de todas y todos, sin distinciones de etnia, edad, orientación sexual, salud, género, credo, condición social o política, jerarquía o cualquier otra que desacredite la dignidad humana. Auspiciamos la equidad en el disfrute de los beneficios a nuestras trabajadoras y trabajadores.
- § **Solidaridad:** Promovemos el contacto con las comunidades para entender sus necesidades, intereses, sentimientos, malestares y contribuir a la mejora de su calidad de vida.
- § **Vocación De Servicio:** Nuestra obligación es entender, atender y cubrir las necesidades de nuestras usuarias y usuarios, orientados a la satisfacción garantizada. Estamos en permanente evolución, mejorando nuestras capacidades y abiertos al

aprendizaje de nuevos conocimientos, con la finalidad de que día a día podamos prestar un mejor servicio.

§ **Eficiencia:** Somos fieles creyentes en la optimización de los procesos, hacemos uso adecuado y oportuno de los recursos, mejorando continuamente lo que se procesa y cómo se procesa.

§ **Eficacia:** Buscamos siempre la máxima calidad y la mayor efectividad en todas las tareas ejecutadas. En nuestra labor no hay acceso a que la pereza nos gobierne, ni la mediocridad nos tiente, la mayor satisfacción radica en alcanzar todos nuestros propósitos y no descansar hasta lograrlos, siempre dispuestos a dar más de lo requerido para garantizar los objetivos.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

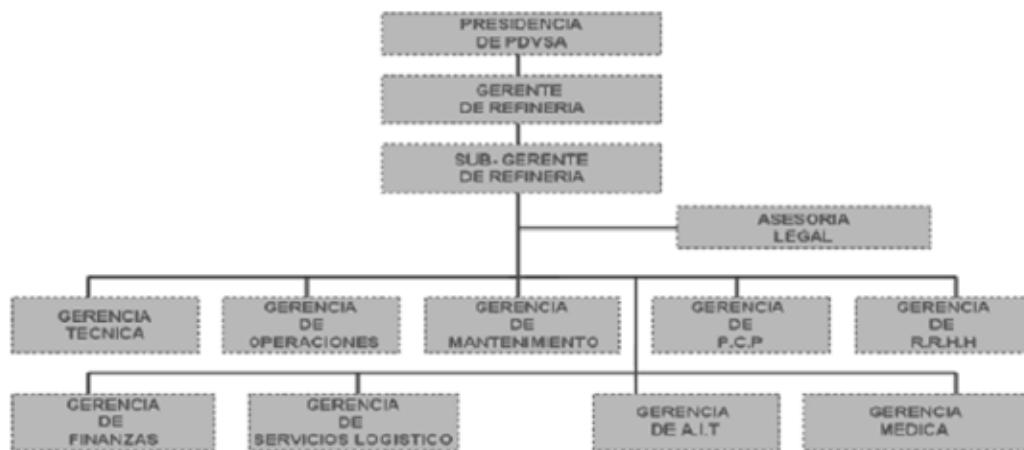
Realizar actividades de producción, explotación, transporte y comercialización nacional e internacional del petróleo crudo, combustible, reformado y residual, aromáticos, gas, entre otros, hacia el mercado de Norte América, Europa, Centroamérica, Sudamérica; además de ser una fuente segura para la nación.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- § Custodiar, administrar, mantener y optimizar la plataforma Tecnológica de Automatización, Informática y Telecomunicaciones (AIT).
- § Asegurar y preservar la confidencialidad de la información de la plataforma Tecnológica de Automatización, Informática y Telecomunicaciones.
- § Incorporar procesos de Investigación y Desarrollo en la Gerencia de AIT.
- § Difundir las funciones de la Gerencia de AIT como único proveedor de tecnologías de automatización, informática y telecomunicaciones.
- § Impulsar el desarrollo endógeno sustentable en las regiones.
- § Promover sinergias con organizaciones de PDVSA, otros entes del Estado, empresas y cooperativas.

- § Consolidar equipos de trabajos éticos, comprometidos con los valores de la nueva PDVSA y la Nación.
- § Rendir cuentas claras, transparentes y oportunas de la gestión de AIT a la Gerencia del Distrito Norte.
- § Identificar oportunidades y necesidades de mejoras a los procesos productivos del Distrito.

### 1.6. Estructura Organizacional



**Figura 1.** Organigrama de la empresa PDVSA GAS

**Fuente.** Departamento AIT Aragua (2017).

### 1.7. Actividades Realizadas

La actividad principal del departamento de AIT de la empresa se basa en la instalación, mantenimiento y custodia de equipos de redes de transmisión para solventar los problemas de comunicación que influyen en el área de las telecomunicaciones, también se encarga del área de telefonía que cubre el departamento.

Por lo tanto, las actividades realizadas por la pasante, estarán condicionadas a las actividades principales del departamento de AIT de la empresa sin perder la actividad principal la cual es el desarrollo, coordinación, seguimiento e implementación de esta investigación

## **CAPÍTULO II**

### **EL PROBLEMA**

#### **2.1. Planteamiento del Problema**

En los años que han transcurrido la historia, ha sido demostrado que la tecnología utilizada para la conmutación de datos se ha optimizado para beneficio de la humanidad. Para la década de los años 60 el equipo ARPA creó la primera red de computadoras “ARPANET” con el objetivo de interconectar universidades y centros de investigación, esto dio paso a las investigaciones de las empresas, luego en la década de los años 70 se crea la primera versión de ETHERNET que hizo posible la conexión entre computadoras, pero al avanzar los años hubo la necesidad de conectar computadoras lejanas y para esto se comenzaron a usar modems aprovechando las líneas telefónicas y se les denominó comunicación punto a punto, donde la multiplexación nos permitía comunicar una variedad de computadoras de un área local con otra lejana.

Con las nuevas actualizaciones en la década de los años 90 se vio la necesidad que estas computadoras no se comunicaran punto a punto, sino que tuvieran conexión todas con todas, para esto se añadieron equipos de conmutación en la central que realizara este proceso de comunicación entre los diferentes computadores. Equipos como el ATM, *Frame Relay*, RDSI.

En el mundo cada día más cambiante y evolucionando en materia de telecomunicaciones, se notan cómo evolucionan los equipos de transmisión y produce efectividad en velocidad de datos y mayor control en los procesos de conmutación, esto lleva a las empresas a competir para tener la mejor tecnología; los países se enfocan mejorando sus plataformas de comunicación.

Las comunicaciones en Venezuela actualmente están inmersas en un periodo de cambio lo que las ha convertido en un negocio muy importante para nuestro país. Para la inmersión de Venezuela en el mundo actual de las telecomunicaciones fue necesario la

apertura del sector y la desmonopolización del mismo. El panorama actual es de una gran actividad propiciada por agentes económicos provenientes de asociaciones con capital extranjero. Hoy en día las telecomunicaciones en el país están en un periodo de ajuste, lo cual ha traído nuevas perspectivas que han contribuido al desarrollo que se tiene actualmente, donde están inmersos en un mundo cada vez más cambiante.

En la actualidad, los altos índices delictivos, las acciones de vandalismo, las constantes fallas del sistema eléctrico nacional y la obsolescencia de los equipos, han acelerado la degradación de los servicios de telecomunicaciones del área operacional Altagracia de PDVSA GAS; la cual es parte fundamental para el transporte y distribución del gas desde el oriente hacia el centro y occidente del país. Cuenta con dos plantas compresoras y 15 estaciones de telemetría para el transporte de 970 MMPCD de gas; así como una sede administrativa donde se realiza la planificación y programación de los mantenimientos de esta importante infraestructura.

Para su funcionamiento, existe una plataforma de telecomunicaciones encargada de proveer los servicios de telefonía, red de datos, internet, videoconferencia, radio troncalizado, radio convencional y telemetría; los cuales facilitan las decisiones para las maniobras operacionales y mantenimiento del gasoducto.

## **2.2. Formulación del Problema**

¿De qué manera se podrían mejorar los servicios de telecomunicaciones en el área operacional Altagracia de PDVSA?

## **2.3. Objetivos**

### **2.3.1. Objetivo general**

Proponer el diseño de una plataforma alternativa de transmisión de datos para PDVSA GAS, en el área operacional Altagracia de Orituco, ubicada en el Estado Guárico.

### **2.3.2. Objetivos específicos**

- § Realizar un diagnóstico en las estaciones de Telecomunicaciones de la red troncal de PDVSA Nurgas oriente (Altagracia de Orituco).
- § Determinar la opción tecnológica adecuada a los requerimientos de la plataforma a diseñar.
- § Diseñar la plataforma alternativa de transmisión de datos.

### **2.4. Justificación**

Esta investigación está dirigida a realizar una propuesta de diseño de una plataforma alternativa de transmisión de datos para PDVSA GAS, en el área operacional, Altagracia de Orituco, ubicada en el Estado Guárico, para respaldar la plataforma que hace funcionar esta área de la empresa.

También destacan los aspectos a cerca de la importancia que tiene la innovación en los equipos y respaldos que se necesitan en toda plataforma de telecomunicaciones. Se necesita actualizar la plataforma que ya se encuentra operando en el área, puesto que los equipos que realizan las funciones de conmutación se encuentran obsoletos. Este tipo de acciones impactan directamente en la empresa y en las personas que operan, mantienen y custodian los equipos y las estaciones.

Se justifica la investigación por su aporte técnico, como futuro antecedente para todos aquellos investigadores que deseen profundizar en el tema aquí planteado, y porque está inserto en una de las líneas de investigación de la escuela de telecomunicaciones, de la Universidad José Antonio Páez.

### **2.5. Alcance**

La investigación está basada con el propósito de realizar una propuesta de diseño de una plataforma alternativa de transmisión de datos para la empresa PDVSA GAS, en el área operacional, Altagracia de Orituco, ubicada en el Estado Guárico, con la visión de respaldar la plataforma que ya hace funcionar esta área de la empresa. Este proyecto involucra un

equipo de personas especializadas para mantener esta plataforma; y abarcara a PDVSA, a sus filiales y también los empleados que trabajan en ella.

## **2.6. Limitaciones**

La principal limitación que enfrenta este proyecto, es el tiempo disponible para realizarlo, ya que las pasantías tienen una duración de solo 12 semanas. En este tiempo se tiene que realizar la investigación y proponer la solución al problema que persiste en esta área de la empresa.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL**

Al momento de desarrollar la propuesta de diseño de una plataforma alternativa de transmisión de datos, se consultaron varios trabajos investigativos que guardan relación con el tema que se está tratando, estos antecedentes sirven de guía y permiten realizar comparaciones de los resultados que estas investigaciones obtuvieron con la idea que se quiere lograr, con el objetivo de este informe.

#### **3.1. Antecedentes de la Investigación**

A continuación se presentaran estudios relacionados con la investigación que según Díaz R. (2015) en su trabajo de grado titulado *“Diseño de radioenlace microondas Isla San Lorenzo-Campus PUCP para el proyecto Perú magneto”*, presentado ante la facultad de ciencias e ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú para optar por el título de ingeniero de las telecomunicaciones, realizo la implementación de una red de transporte para la integración de la estación PM-06, ubicada en la Isla San Lorenzo, del proyecto “Perú-Magneto utilizando la red privada del instituto de Radioastronomia (INRAS) de la Pontificia universidad Católica del Perú, tuvo como finalidad que los datos recogidos por los equipos instalados en la isla puedan ser leídos, tabulados, analizados y posteriormente estos sirvan para la predicción de movimientos sísmicos en el país.

El autor se basó en la conexión de dos estaciones para comunicarse entre ellas, a la hora de cualquier contingencia estar constantemente en comunicación; en la autonomía de las estaciones, esto de gran importancia para el personal de mantenimiento, el aspecto considerado en el antecedente antes expuesto en relación con el informe en desarrollo, es la necesidad de conectar distintas localidades, en la cual estas estaciones les manden información al personal de mantenimiento y así sostener la plataforma de transmisión de datos sin requerimiento de empleados en el sitio.

Así mismo, Chávez C. (2014) en su trabajo de grado titulado ***“Implementación de enlace última milla para la nueva sede de la empresa servidica ubicada en la zona industrial castillito”***, presentado ante la facultad de ingeniería de la Universidad José Antonio Páez para optar por el título de ingeniero en telecomunicaciones, llevo a cabo la implementación de un enlace última milla para la nueva sede de la empresa SERVIDICA C.A., para la implementación de ese enlace fue necesario diseñar, calcular, simular e instalar dicho enlace; para obtener los cálculos del enlace se tomó en cuenta la ganancia del transmisor las pérdidas por propagación y la ganancia en el lado de recepción.

Y a su vez, la vinculación de esta investigación con el antecedente presentado, concluyo que para realizar algún enlace de microondas se necesita evaluar las ganancias y las pérdidas del enlace para verificar la eficacia de la investigación, se debe tener en cuenta todos los aspectos que incluyen los cálculos y luego plasmarlo en el diseño.

Además, García F. (2013) es su trabajo de grado titulado ***“Adecuación de la red de voz y datos en el área de alquiler de la refinería el Palito-PDVSA”***, presentado ante la facultad de ingeniería de la Universidad José Antonio Páez para optar por el título de ingeniero en telecomunicaciones, elaboro la instalación de tuberías para el tendido de la fibra óptica y cable telefónico, también coloco armarios, cajas de distribución y regletas para el funcionamiento de la red telefónica, así mismo instalo gabinetes de pared, *patch panels*, distribuidores de fibra óptica, *switches* y SFP en el área donde desarrollo la investigación.

Evidentemente, el antecedente antes expuesto en relación con la investigación que está siendo desarrollada actualmente, es la necesidad de realizar cableado estructurado para facilitar la conexión de los equipos en el departamento de AIT de PDVSA GAS, con el fin de lograr el mejor rendimiento dentro de la empresa.

También, Chicaiza P. (2012) en su trabajo de grado titulado ***“Re-Diseño del arreglo de antenas “Back-to-Back” del radioenlace de microondas entre las estaciones de San Juan y Chiriboga, del S.O.T.E en la banda de 7 GHz”***, presentado ante la facultad de ingeniería eléctrica y electrónica de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador para optar por el título de ingeniería electrónica y telecomunicaciones, desarrollo tres propuestas de optimización de enlace, mejoramiento por diversidad, diseño del enlace San Juan-Chiriboga utilizando un

repetidor pasivo tipo espejo y diseño del radioenlace utilizando un arreglo de antenas “Back-to-Back”, una vez detalladas dichas propuestas se determinó cual llevar a cabo resaltando la factibilidad de las propuestas, y verificar la concepción de frecuencias otorgada por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones, entro el análisis de costos por inversión y operación del enlace; al tomar en cuenta todos estos factores se presentó el enlace San Juan-Chiriboga.

Este antecedente, se vincula con la investigación en desarrollo, debido a que, al proponer diferentes propuestas de la plataforma a realizar de debe tomar en cuenta la factibilidad de dichas propuestas en relación a los costos y factibilidad de obtener la frecuencia necesitada para poner en marcha el proyecto de que se está llevando a cabo.

### **3.2. Bases Teóricas**

Las bases teóricas de la investigación, se consideran todos aquellos sustentos conceptuales que guardan relación directa o indirecta con el tema de estudio. De allí que a continuación se muestren conceptos referidos a las telecomunicaciones:

#### **3.2.1. Propagación De las Ondas Electromagnéticas**

Según Tomasi W. (2003):

*La propagación de las ondas electromagnéticas por el espacio libre se suele llamar propagación de radiofrecuencias (RF), o simplemente radio propagación. Aunque el espacio libre implica al vacío, con frecuencia la propagación por la atmosfera terrestre se llama propagación por el espacio libre y se puede considerar casi siempre así. La principal diferencia es que la atmosfera de la Tierra introduce perdidas de la señal que no se encuentran en el vacío (p.347).*

Las pérdidas que introduce la propagación por la atmosfera de la tierra no presenta buenas características para que las ondas electromagnéticas puedan desplazarse con la facilidad que

se desearía, por tal motivo, se han desarrollado varias estrategias de solución para poder revertir el efecto dañino que causa la tierra sobre la propagación de las ondas electromagnéticas, las cuales son las encargadas de llevar la información de un lugar a otro, dándonos como resultado el poder comunicarnos con sitios lejanos por medio de las telecomunicaciones.

### **3.2.2. Fenómenos de Propagación**

La propagación está expuesta a varios fenómenos que la afectan como son:

- § Atenuación.
- § Absorción.
- § Refracción.
- § Reflexión.
- § Difracción.
- § Interferencia.

A estas cuatro últimas también se las denomina propiedades ópticas de las ondas electromagnéticas, puesto que al igual que la luz, excepto en su frecuencia, las ondas electromagnéticas tienen las mismas propiedades.

#### **3.2.2.1. Atenuación**

Para Tomasi W. (2003), indica que:

*La ley al cuadrado inverso de la radiación describe en forma matemática la reducción de densidad de potencia con la distancia a la fuente. A medida que se aleja un frente de onda de la fuente, el campo electromagnético continuo que irradia la fuente se dispersa. Esto es, las ondas se alejan cada vez más entre sí y, en consecuencia, la cantidad de ondas por unidad de área es menor (pág. 351)*

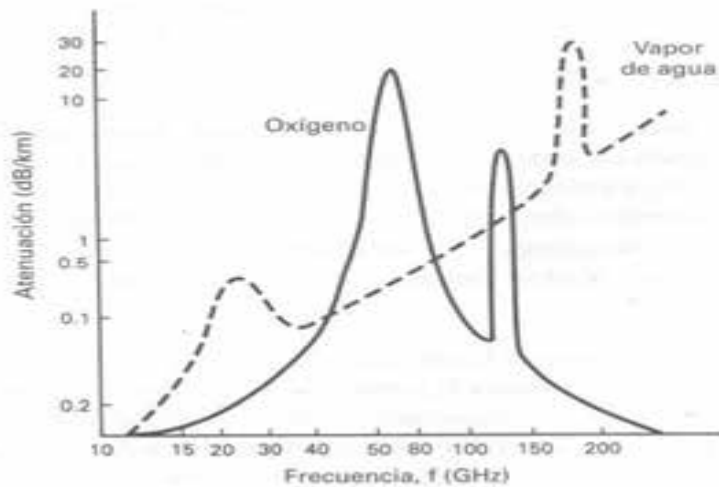
Se puede decir que no se pierde o se disipa potencia, la onda solo se extiende sobre un área mayor disminuyendo la densidad de potencia conforme aumenta la distancia y se lo llama atenuación de la onda. Por tal razón, para que la señal

llegue con la suficiente energía es necesario el uso de amplificadores o repetidores.

### 3.2.2.2. Absorción

Según Tomasi W. (2003), “la atmosfera terrestre no es un vacío. Más bien está formada por átomos y moléculas de diversas sustancias gaseosas, líquidas y sólidas. Algunos de esos materiales pueden absorber las ondas electromagnéticas” (pág. 352).

Una vez que la energía de la onda electromagnética es absorbida por dichos elementos esta se pierde, causando atenuación en la intensidad de la tensión y en el campo magnético, resultando en la atenuación de la densidad de potencia. En la figura 2 encontramos la atenuación de las ondas que existen entre el oxígeno y el vapor de agua.



**Figura 2.** Absorción atmosférica de las ondas electromagnéticas.

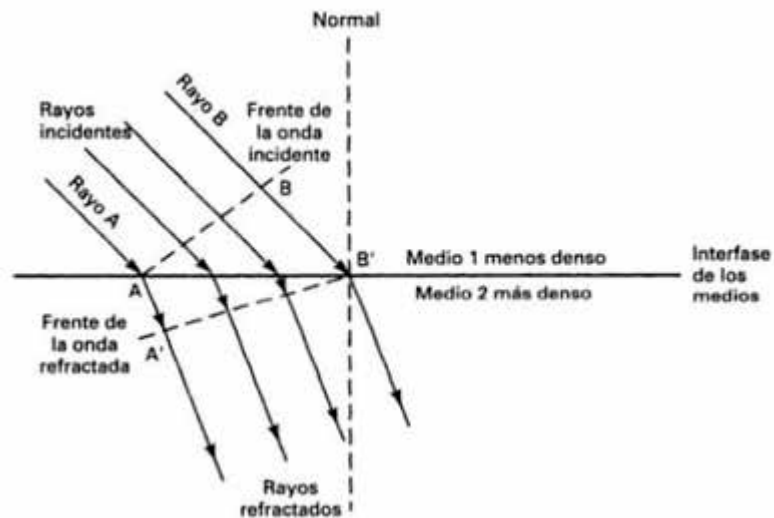
**Fuente.** [web] <http://propagaciondeondascom1.blogspot.com/2012/11/atenuacion-y-absorcion-de-ondas.html>.

### 3.2.2.3. Refracción

Para Tomasi W. (2003):

*La refracción electromagnética es el cambio de dirección de un rayo al pasar en dirección oblicua de un medio a otro con distinta velocidad de propagación. La velocidad a la que se propaga una onda electromagnética es inversamente proporcional a la densidad el medio en que lo hace (pág. 353).*

Si la onda electromagnética choca con un elemento de la misma densidad obtiene una nueva dirección. La figura 3 muestra cómo actúa la refracción en una frontera plana entre dos medios.



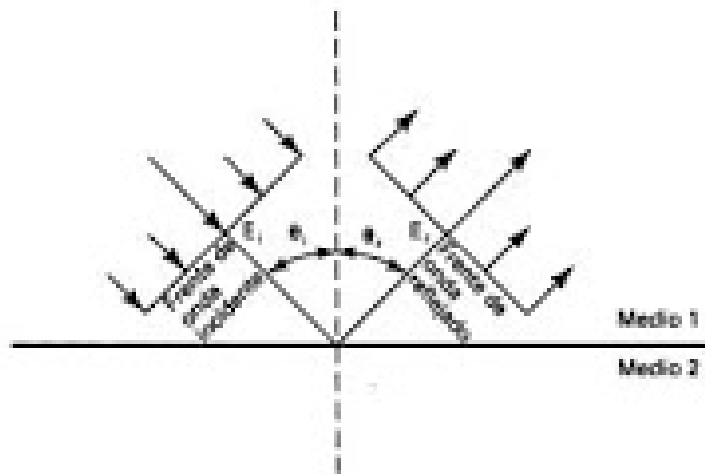
**Figura 3.** Refracción en una frontera plana entre dos medios.

**Fuente.** [web] <https://septimosemestre3.weebly.com/>.

### 3.2.2.4. Reflexión

Según Tomasi W. “la reflexión electromagnética se presenta cuando una onda incidente choca con una frontera entre dos medios, y algo o toda la potencia incidente no entra al segundo material. Las ondas que no penetran al segundo medio se reflejan” (pág. 354).

Las velocidades de la onda incidente y reflejada son iguales mientras que permanezca en el mismo medio. Si se cumple la condición planteada anteriormente, los ángulos de incidencia y de reflexión también son iguales, lo que varía es la intensidad de la tensión reflejada el cual es menor respecto al incidente, la relación entre tensión reflejada e incidente da como resultado el conocido coeficiente de reflexión. La figura 4 nos muestra la reflexión que existe entre dos medios.

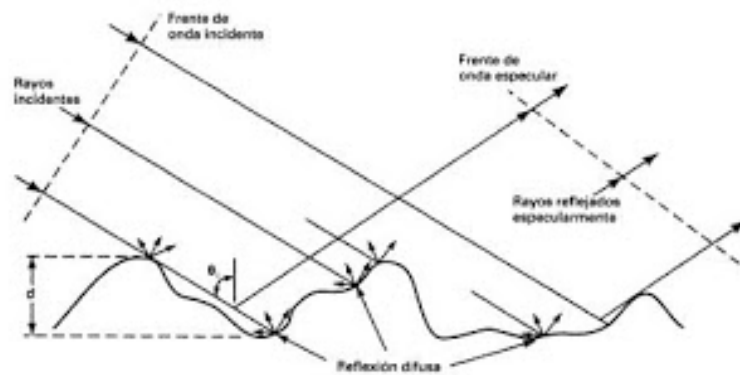


**Figura 4.** Reflexión electromagnética en una frontera plana entre dos medios.

**Fuente.** [web] <http://fabian-ondaselectromagneticas.blogspot.com/2009/03/reflexion.html>.

Este fenómeno no solamente se produce en la frontera de dos medios, sino que también se puede producir cuando el medio presenta una superficie áspera e irregular creando la reflexión difusa como lo muestra la figura 5, pues el choque del frente de onda sobre una

superficie de estas características provoca que el frente de onda se disperse en diferentes direcciones, pero también existe reflexión cuando hay una superficie completamente lisa, lo cual genera reflexión corpuscular, las superficies denominadas semiásperas abarcan a las llamadas superficies lisas e irregulares. Su efecto sobre el frente de onda es que reduce su potencia total.



**Figura 5.** Reflexión en una superficie semiáspera.

**Fuente.** [web] <http://fabian-ondaselectromagneticas.blogspot.com/2009/03/reflexion.html>.

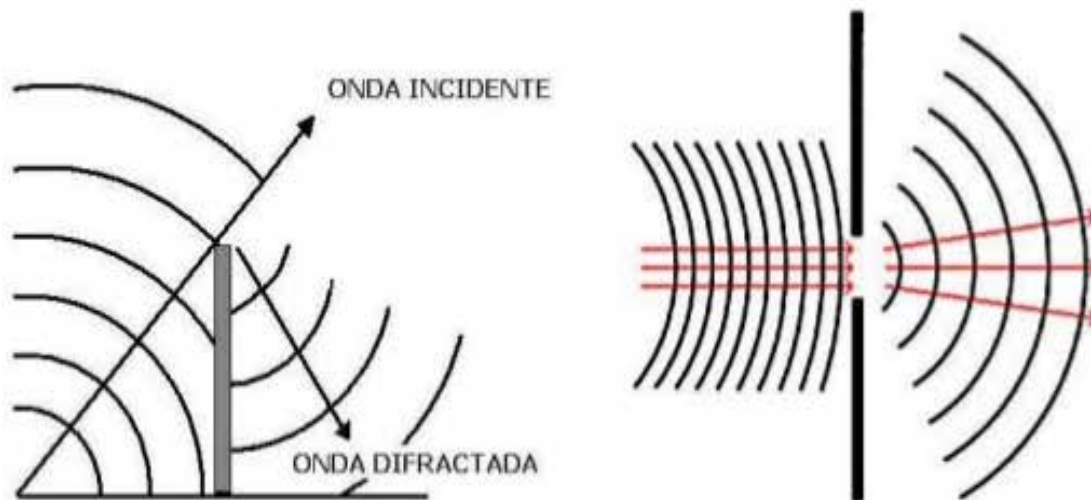
### 3.2.2.5 Difracción

Para Tomasi W. se define la difracción como:

*La modulación o redistribución de la energía dentro de un frente de onda, al pasar cerca de la orilla de un objeto opaco. La difracción es el fenómeno que permite que las ondas luminosas o de radio se propaguen en torno a esquinas (pág. 357).*

Las anulaciones de cada ondulación son parciales y se lleva a cabo en la orilla del obstáculo, permitiendo que las ondas secundarias se escurran en torno a las aristas del objeto y en la parte donde no existen anulaciones se llama zona de sombra. Cada fuente secundaria

irradia en todas las direcciones, excepto en la dirección en la que avanza la onda, por tanto el frente de onda permanece plano. En la figura 6 se nota la difracción de la onda electromagnética.



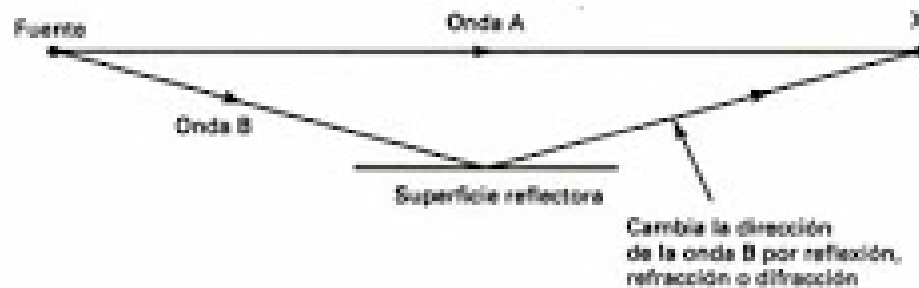
**Figura 6.** Difracción de ondas electromagnéticas.

**Fuente.** [web] <http://redesunoglv.blogspot.com/p/redes-inalambricas.html>.

### 3.2.2.6 Interferencia

Según Tomasi W. (2003), “la interferencia de ondas de radios se produce siempre que se combinan dos o más ondas electromagnéticas de tal manera que se degrada el funcionamiento del sistema” (pág. 357). La interferencia se refiere a un principio, como es la superposición de ondas en un punto dado, este principio también afirma que la intensidad de voltaje en un punto dado es el resultado de sumas los vectores de las ondas individuales, generándose así un reforzamiento de intensidad, siempre que la diferencia de las distancias recorridas de las ondas directa y reflejada es un múltiplo entero e impar de la media longitud de onda se producirá una anulación de la intensidad, si la diferencia de las distancias recorridas es un

múltiplo entero par se da un reforzamiento; en las frecuencias menores que VHF, las longitudes de onda relativamente grandes evitan que la interferencia sea un problema, este tipo de problemas son más usuales en UHF (300MHz-3Ghz) que en VHF (30MHz-300MHz). Como lo muestra la figura 7 la señal tiende a reflejarse o tener una refracción cuando choca con la superficie reflectora.



**Figura 7.** Interferencia de las ondas electromagnéticas.

**Fuente.** [web] <http://fabian-ondaselectromagneticas.blogspot.com/>.

### 3.2.3. Antenas

Para Tomasi W. (2003), “una antena es un sistema conductor metálico capaz de radiar y capturar ondas electromagnéticas” (pág. 371). Esta es un dispositivo o elemento que tiene la función de un transductor, el cual toma un tipo de energía a la entrada y la transforma en otra forma de energía diferente a la salida de la antena, este elemento produce y recibe ondas electromagnéticas.

#### 3.2.3.1. Funcionamiento de la antena

La antena emisora envía una onda electromagnética que será recibida por un conductor eléctrico, el cual es la antena receptora, esta misma funcionara como transductor, puesto que

la inducción de la onda electromagnética en la antena hace que transforme esta onda en una señal eléctrica, para luego esta pueda ser interpretada por los usuarios finales.

### **3.2.4. Antenas UHF y Microondas**

Las antenas usadas en UHF están dentro del rango de 0.3 a 3 GHz y para las antenas microondas el rango de frecuencia va de 1 a 100 GHz, estas últimas deben ser muy direccionales es decir concentrar la potencia irradiada en un haz delgado, más que mandarlo por igual en todas las direcciones, la abertura del haz depende del factor ganancia de la antena. Un haz más angosto minimiza los efectos de la interferencia debida a fuentes externas y a antenas adyacentes el sistema instalado. Sin embargo, para transmisión por línea de vista, y con un haz angosto se impone varias limitaciones, como son estabilidad mecánica y mayor desvanecimiento debido a que el haz que emiten estas antenas en la banda UHF es más directivo, lo que puede causar problemas en el alineamiento de la antena.

#### **3.2.4.1. Características Importantes de las Antenas de Microondas**

##### **3.2.4.1.1. La eficiencia Direccional**

Es la relación entre la ganancia máxima en dirección delantera y la ganancia máxima en dirección trasera. La eficiencia direccional de una antena es crítica para el diseño de un sistema de radio, puesto que las antenas de transmisión y recepción, en las estaciones repetidoras, se ubican con frecuencia opuestas entre sí en la misma estructura.

##### **3.2.4.1.2. Acoplamiento lado a lado espalda con espalda**

Normalmente las potencias de salida de transmisión tienen una intensidad de 60 dB o más que las potencias de recepción, es así que las pérdidas por acoplamiento deben ser altas, para evitar que una señal de transmisión de una antena interfiera con la señal de recepción de otra antena.

Las antenas muy direccionales se usan con más frecuencia en los sistemas de microondas punto a punto. Puesto que enfocan la energía radioeléctrica en un haz angosto que se pueda dirigir hacia la antena receptora, la antena transmisora puede aumentar varios órdenes de

magnitud a la potencia efectiva irradiada, en comparación a una antena que no es direccional; de igual manera la antena receptora, puede aumentar la potencia efectiva recibida en una cantidad parecida. El tipo más común de antena de transmisión y recepción de microondas es el reflector parabólico.

### **3.2.5. Antena de Reflector Parabólico**

Las antenas de reflector parabólico proporcionan ganancia y directividad, son muy usadas en los enlaces de comunicaciones por radio y satélite. Una antena parabólica se compone de dos partes principales que son un reflector parabólico y el elemento activo, llamado mecanismo de alimentación. En esencia, el mecanismo de alimentación encierra la antena primaria, que normalmente es un dipolo o una red de dipolos; la antena irradia ondas electromagnéticas hacia el reflector. El reflector es un elemento pasivo, que tan solo refleja la energía que le llega del mecanismo de alimentación, esta reflexión produce una emisión muy concentrada y direccional de energía, en la que todas las ondas individuales están en fase entre sí y por consiguiente, un frente de onda en fase.

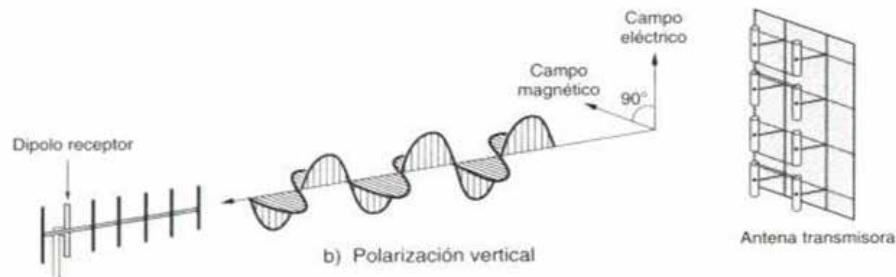
### **3.2.6. Mecanismos Alimentadores**

El mecanismo de alimentación es una antena parabólica, es el elemento que irradia la energía electromagnética, y por eso se le llama antena primaria. Este mecanismo de alimentación es de importancia básica, porque su función es irradiar la energía hacia el reflector parabólico, en lo posible se debe evitar el efecto de sombra. Si se irradia la mayor parte de la energía en la dirección adecuada se puede reducir la sombra al mínimo.

### **3.2.7. Polarización de la Antena**

La polarización de una antena no es más que la orientación del campo eléctrico que se irradia en ella, entre los tipos de polarización tenemos la polarización lineal que puede ser vertical u horizontal.

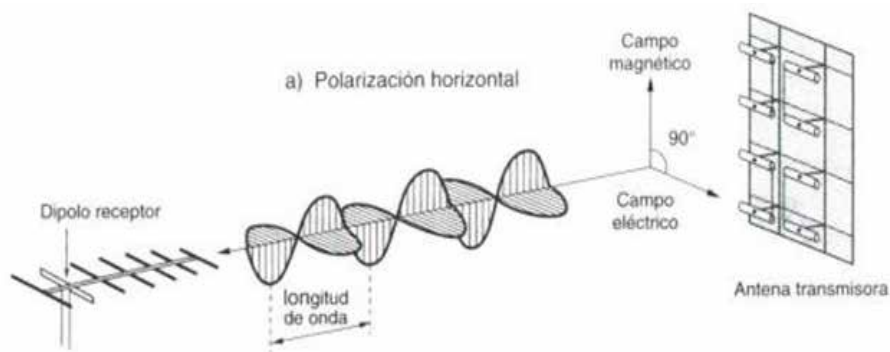
Si la componente del campo eléctrico de la onda es perpendicular a la tierra, la onda esta polarizada de modo vertical, entonces se dice que una antena ubicada verticalmente produce polarización vertical como lo muestra la figura 8.



**Figura 8.** Polarización vertical de una antena.

**Fuente.** [web] <http://itscelectronicab.blogspot.com/2010/05/antena-de-recepcion-de-tv.html>

Pero si una onda esta horizontalmente polarizada, el campo eléctrico es paralelo a la tierra, eso significa que la antena está ubicada horizontalmente, produciendo una polarización horizontal así como lo muestra la figura 9.



**Figura 9.** Polarización Horizontal de una antena.

**Fuente.** [web] <http://itscelectronicab.blogspot.com/2010/05/antena-de-recepcion-de-tv.html>

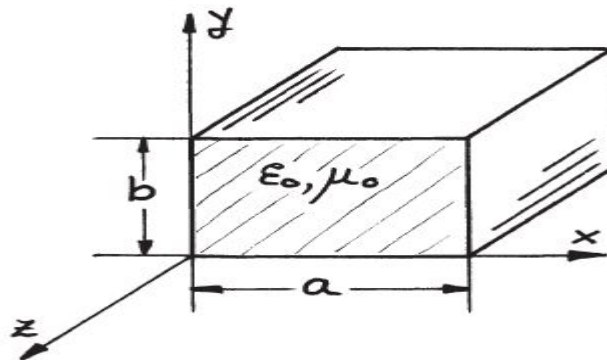
### 3.2.8 Ruido

Para Tomasi W. (2003), define el ruido eléctrico “como cualquier señal eléctrica indeseable, que queda entre la banda de paso de la señal” (pág. 34). Este efecto es crítico para casi todos los sistemas de comunicaciones por radio frecuencia y microondas, radares y sistemas de sensores remotos, el ruido determina la mínima potencia de la señal permitida para poder transmitir información que llegara al receptor completa.

### 3.2.9. Guías de ondas

Según Tomasi W. (2003), “las líneas de transmisión de hilos paralelos, incluyendo los cables coaxiales, no pueden propagar con eficiencia la energía electromagnética arriba de unos 20 GHz, por la atenuación causada por el efecto de superficie y las perdidas por radiación.”(pág. 409).

Las señales con alta frecuencia tienen atenuaciones que impide la transmisión de la información adecuadamente. Se utiliza la transmisión de señales por guías de ondas puesto que reduce la disipación de energía. En la guía de onda el campo eléctrico y magnético están confinados en un espacio que está en el interior, de esta manera no hay pérdidas de potencia por radiación. Se muestra en la figura 10 el corte de una guía de ondas rectangular, son muy comúnmente usadas.



**Figura 10.** Perspectiva de corte de una guía de ondas rectangular.

**Fuente.** [web] <http://luisalvomicroondasii.blogspot.com/>

### 3.2.10. Propagación terrestre de las ondas electromagnéticas

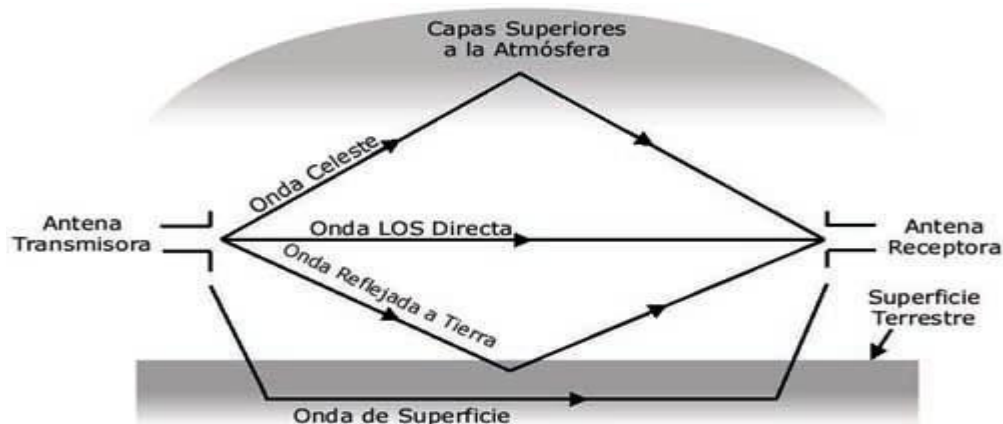
Para Tomasi W. (2006):

*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 (pág. 359).*

Existen tres tipos de propagación de las ondas electromagnéticas son:

- § Propagación de ondas terrestres.
- § Propagación de las ondas espaciales.
- § Propagación por ondas celestes

En la figura 11 podemos observar los modos normales de propagación entre dos antenas de radio.



**Figura 11.** Modos normales de propagación de ondas.

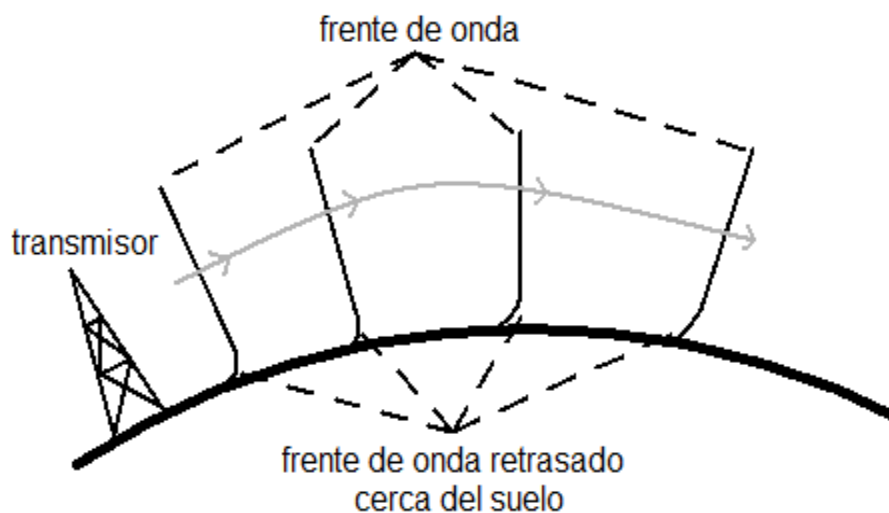
**Fuente.** [web] <https://teojhonn.wordpress.com/2010/06/12/ondas-de-radio-y-frecuencias/>

### 3.2.10.1. Propagación de ondas terrestres

Según Tomasi W. (2006) explica que:

*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 al 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 (pág. 359-360).*

Se utiliza para cubrir grandes distancias al mantener la curvatura de la tierra, pero la superficie de la terrestre también tiene pérdidas por resistencia y por dieléctrico, es decir, las ondas terrestres se atenúan a media que se propagan. En la figura 12 visualizamos una propagación de las ondas terrestres, donde notamos el recorrido de la onda por la curvatura de la tierra.



**Figura 12.** Propagación de ondas terrestres.

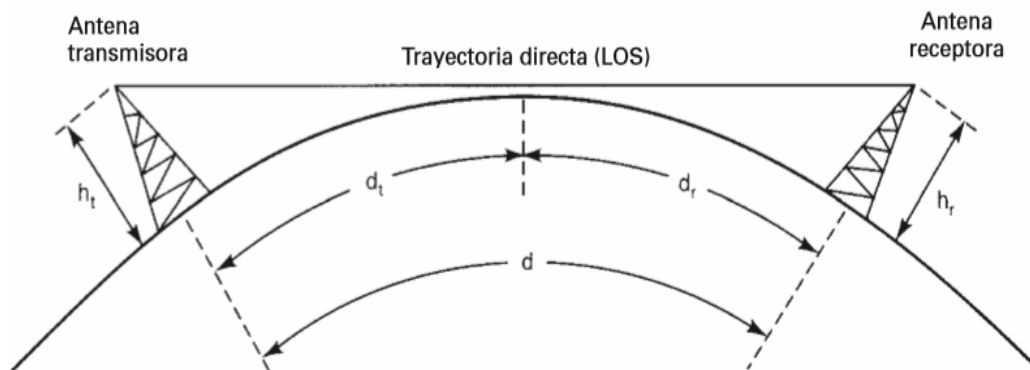
**Fuente.** [web] <http://www.472khz.org/pages/es/technical-topics/propagation.php>

### 3.2.10.2. Propagación de las ondas espaciales

Según Tomasi W. (2006):

*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 al suelo. Las ondas directas viajan esencialmente en línea recta entre las antenas de transmisión y recepción. La propagación de ondas espaciales directas llama transmisión por línea de vista. 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 (pág. 361).*

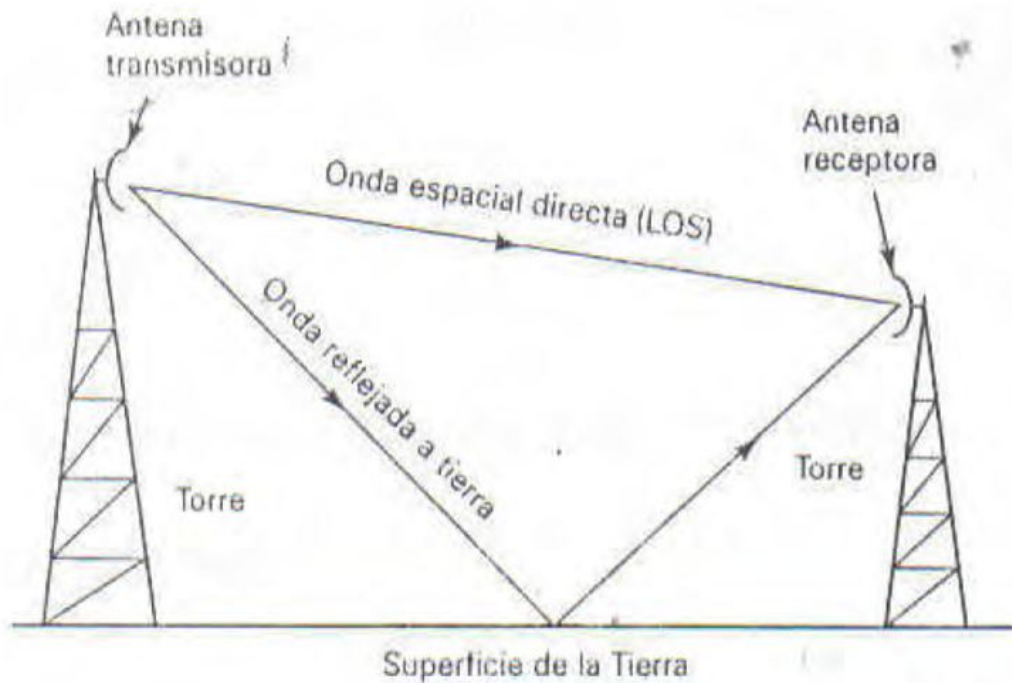
En la figura 13 se puede apreciar las ondas espaciales y el horizonte de radio, importante para la implementación de un enlace de antenas.



**Figura 13.** Ondas espaciales y horizonte de radio.

**Fuente.** Sistemas de Comunicaciones Electrónicas (pág. 362) por Wayne Tomasi 4ta Edición

Podemos observar en la figura 14 la propagación de las ondas espaciales de ambas formas, siendo reflejada en el suelo y por línea de vista.



**Figura 14.** Propagación de ondas espaciales.

**Fuente.** [web] [http://1.bp.blogspot.com/-](http://1.bp.blogspot.com/-FrfCd3UkYrE/UOuEyZgUODI/AAAAAAAAAVA/ojLndCjuzys/s1600/02.JPG)

[FrfCd3UkYrE/UOuEyZgUODI/AAAAAAAAAVA/ojLndCjuzys/s1600/02.JPG](http://1.bp.blogspot.com/-FrfCd3UkYrE/UOuEyZgUODI/AAAAAAAAAVA/ojLndCjuzys/s1600/02.JPG)

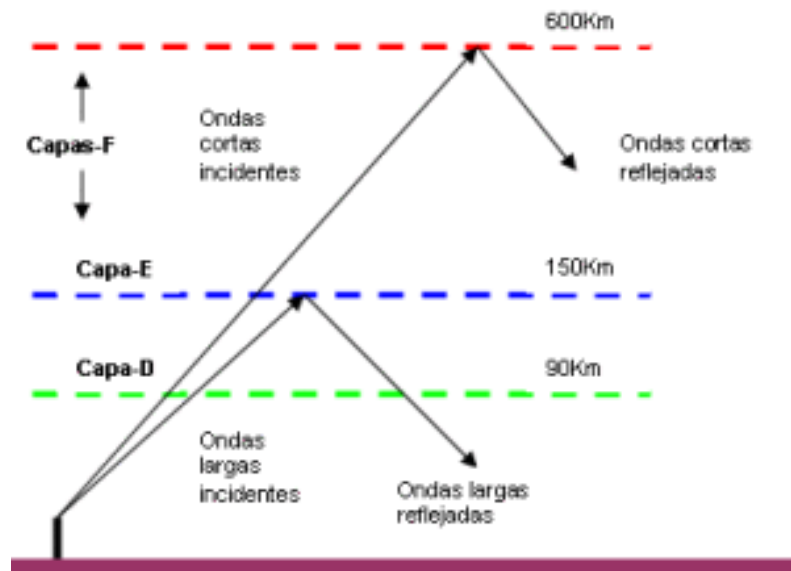
### 3.2.10.3. Propagación por ondas celestes

Para Tomasi W. (2006):

*Las ondas electromagnéticas que dirigen sobre el nivel del horizonte se llaman ondas celestes. En el caso normal, las ondas celestes se irradian en una dirección que forma un Angulo relativamente grande con la Tierra. Se irradian hacia el cielo, donde*

*son reflejadas o refractadas hacia la superficie terrestre por la ionosfera. Debido a lo anterior, a la propagación de las ondas celestes se le llama a veces propagación ionosférica (pág. 362).*

En la ionosfera se encuentra la capa de ozono y al tener tres partículas de oxígeno, normalmente no están sujetos todos los electrones de la capa de ozono y estas se comportan como conductores, esto lleva a aplicarse refracción y reflexión dependiendo de la densidad de la misma. En la figura 15 podemos observar las capas de la ionosfera dependiendo de la capa utilizada mayor es la distancia de propagación de la onda.



**Figura 15.** Capas ionosféricas.

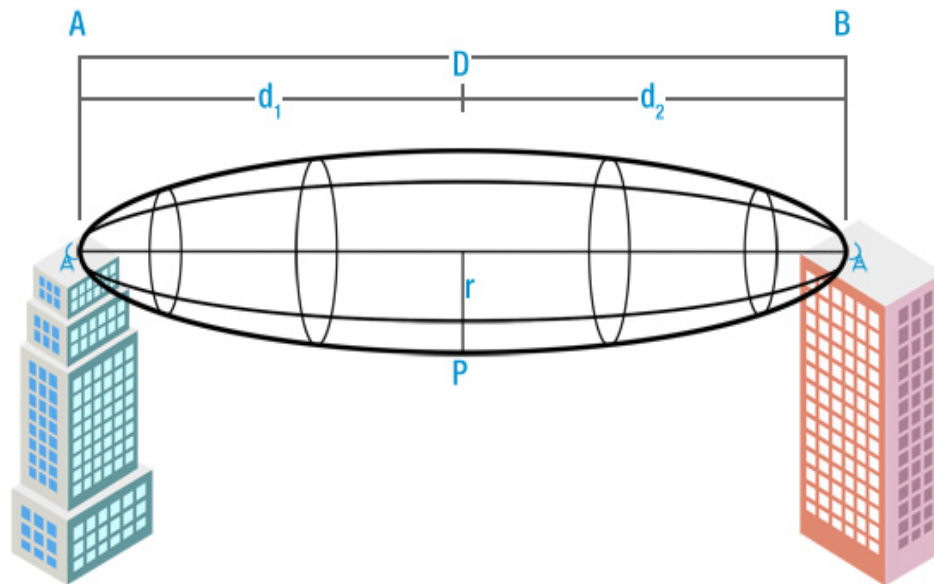
**Fuente.** Sistemas de Comunicaciones Electrónicas (pág. 363) por Wayne Tomasi 4ta Edición

### 3.2.11. Zona de Fresnel

La zona Fresnel es el volumen de espacio entre el emisor de una onda electromagnética y el receptor, se utiliza para analizar si la ubicación de las antenas es indicada para la

transmisión de las ondas. La fase mínima se produce para la onda que viaja en línea recta del emisor al receptor, esta tiene un valor de fase 0, la primera zona de Fresnel abarca hasta que la fase llegue a  $180^\circ$  adoptando la forma de un elipsoide. La segunda zona abarca un desfase de  $360^\circ$ , y es un segundo elipsoide que contiene el primero.

La obstrucción máxima permitida para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel, la obstrucción máxima recomendada es de 20%, pero si la obstrucción es del 60% no se tiene transmisión de información y se tiene que elevar las torres donde están ubicadas las antenas. En la figura numero 16 observamos la conexión entre dos edificios y como se forma la zona de Fresnel.



**Figura 16.** Zona de Fresnel.

**Fuente.** [web] [http://www.4gon.co.uk/solutions/technical\\_fresnel\\_zones.php](http://www.4gon.co.uk/solutions/technical_fresnel_zones.php)

### 3.3. Definición de Términos Básicos

**IPPCN:** estas siglas significan Industria Petrolera Petroquímica Carbonífera Nacional, es la unión de todas las filiales asociadas a Petróleos de Venezuela, S.A. y se mantiene desde la nacionalización de la industria petrolera, petroquímica y carbonífera de Venezuela.

**Fibra óptica:** es un medio de transmisión es utilizados en redes de comunicaciones y en las telecomunicaciones por la velocidad de transmisión que este brinda, es filamento de fibra de vidrio en el núcleo con un recubrimiento de caucho para proteger la fibra.

**Patch panel:** es un panel de conexiones donde normalmente recibe el cableado estructurado y sirve como organizador de los enlaces de red, para facilitar la conectividad de la red de área local (LAN).

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

**MMPCD:** es la abreviatura para Millones de Pies Cúbicos diarios, es normalmente utilizado para la explotación y el transporte del gas natural.

**Back-to-Back:** es la conexión de un dispositivo directo con otro por medio de un cable recto, significa conectado al dispositivo.

**Ondas electromagnéticas:** son ondas que no necesitan un medio material para propagarse, todas se propagan en el vacío a una velocidad constante, se propagan mediante la oscilación de campos eléctricos y magnéticos.

**Velocidad de propagación:** la velocidad de propagación de una onda depende del medio en el cual se propaga esta. En todo medio homogéneo e isotrópico la velocidad de la onda es constante en todas direcciones.

**Microondas:** son ondas electromagnéticas por donde se puede mandar información y generalmente se encuentra entre los 300 MHz y 30 GHz, el rango de las microondas está incluido en las bandas de radiofrecuencia y se encuentra en las de UHF, SHF y EHF.

**Campo eléctrico:** es un campo físico donde interactúa la fuerza eléctrica entre cuerpos y sistemas de propiedades eléctrica. Los campos eléctricos pueden tener su origen en cargas eléctricas como también en campos magnéticos variables. El campo no es directamente

medible, sino que, es observable su efecto sobre alguna carga colocada en su seno. La unidad del campo electico es Newton por Culombio (N/C).

**Carrier class:** es un sistema, o componente de hardware o software que es extremadamente confiable, bien probados en sus capacidades. Los sistemas de grado portador se prueban y diseñan para cumplir o superar los estándares de alta disponibilidad de cinco nueves, y proporcionan una recuperación de fallas muy rápida a través de la redundancia.

**PTMP:** enlaces punto a multipunto, conecta tres o más ubicaciones, utilizando una estación base (o punto de acceso) y múltiples CPE (estaciones) conectados al punto de acceso.

## **CAPÍTULO IV**

### **FASES METODOLÓGICAS**

Las siguientes fases que se describen a continuación están enfocadas en el desarrollo de los objetivos propuestos en la investigación, donde se especifican las actividades que participaron y facilitaron el cumplimiento de los objetivos.

#### **4.1. Fase I: Realización de un diagnóstico en las estaciones de telecomunicaciones de la red troncal de PDVSA Nurgas Oriente (Altagracia de Orituco).**

Arias F. (2006) dice que, “Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información” (p.53).

Para el análisis de los datos se siguieron los fundamentos de la estadística descriptiva, se describieron, se analizaron, y representaron los datos utilizando términos numéricos y gráficos, que resumieron la información contenida en ella. Así estableciendo un adecuado diagnóstico sobre las estaciones de telecomunicaciones de la red troncal de PDVSA Nurgas Oriente.

#### **4.2. Fase II: Determinación de la opción tecnológica adecuada a los requerimientos de la plataforma a diseñar.**

En esta fase se utilizaron las técnicas de observación, en la cual la observación para Tamayo y Tamayo (1997), “es en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación” (p.122), para optar por la opción tecnológica adecuada para diseñar la plataforma se observaron distintos tipos de equipos adecuados a los requerimientos que se necesitaban en la empresa PDVSA GAS.

#### **4.3. Fase III: Diseño de la plataforma alternativa de transmisión de datos.**

En esta última fase se procedió a realizar la propuesta del diseño de la plataforma alternativa, para respaldar la que se está operando actualmente una vez analizados los

resultados obtenidos en la fase I y la fase II. En esta propuesta se encuentran incluidas las acciones concretas las cuales se desarrollaron para trascender las dificultades diagnósticas y así darle cumplimiento a los objetivos de dicha investigación. El diseño de la propuesta estará enmarcado de la siguiente forma:

- a. Presentación de la propuesta.
- b. Beneficios de la propuesta.
- c. Objetivos de la propuesta.
- d. Factibilidad de la propuesta.
- e. Desarrollo de la propuesta.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

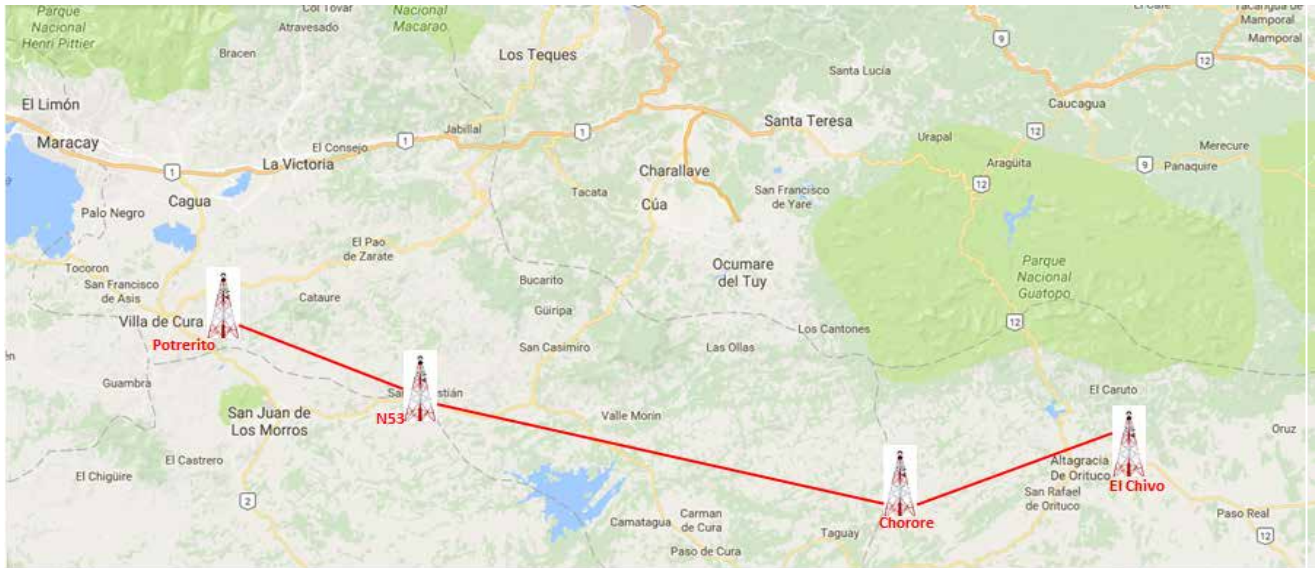
Los resultados obtenidos en el proyecto de investigación constituyen un capítulo de vital relevancia, todos estos se convierten en la fase de análisis e interpretación de los datos obtenidos y resulta de la aplicación de las técnicas utilizadas para la recolección de los datos y posterior desarrollo del objetivo general. En la presente división se describen los logros derivados de los objetivos específicos planteados anteriormente, el cumplimiento de cada meta trazada en el avance de las fases metodológicas, las cuales conforman la estructura del actual apartado.

El propósito del análisis de la interpretación aplicadas en este capítulo y en el desarrollo del proyecto de investigación para obtener resultados, es, resumir las observaciones llevadas a cabo de manera tal que, proporcionen información indispensable para el desarrollo del diseño propuesto con el propósito de facilitar la realización de las conclusiones significativas de los datos que se obtuvieron en función de las bases teóricas que sustentaron el sentido de estudio y del problema investigado.

#### **5.1. Fase I: Realización de un diagnóstico en las estaciones de telecomunicaciones de la red troncal de PDVSA Nurgas Oriente (Altagracia de Orituco)**

Las estaciones de telecomunicaciones a las cuales se le harán el diagnóstico son Potrerito – N53 – Chorore – El chivo ver figura 17, estas forman parte de la Red Troncal de transmisión de PDVSA Nurgas Oriente, por la cual viajan los servicios de telefonía, radio troncalizados y convencionales, telemetría y datos desde y hacia el área Operacional Altagracia de Orituco, y Anaco. Las cuales forman parte del Gasoducto Anaco - Barquisimeto.

En la actualidad la Red troncal está conformada por radios Siemens CTR 216, los cuales están en funcionamiento desde 1992, no poseen back-up por la reutilización de los equipos para mantener en funcionamiento la red principal.



**Figura 17.** Ubicación de estaciones repetidoras a estudiar

**Fuente.** El autor

## 5.1.1. Descripción de las estaciones

### 5.1.1.1. Estación potrerito

#### 5.1.1.1.1. Datos de la estación

La estación está ubicada en el sector La Planta, Fundo El Carmen, Villa de cura, estado Aragua, sus coordenadas geográficas son  $9^{\circ}59'41.85''N$   $67^{\circ}27'12.33''O$ , dicha estación se encuentra a 1007 msnm. La misma se encuentra en una zona montañosa de dificultad media, dicha estación consta de tres casetas las cuales son definidas como caseta de vigilancia, caseta de telecomunicaciones y caseta de motogenerador. También se halla una torre autosorportada que se encuentra a nivel del terreno con una altura de 65 metros para más especificaciones ver tabla 1. En la caseta de telecomunicaciones se puede observar la sala de radio en la cual se encuentran los diferentes equipos de telecomunicaciones y la sala de baterías en donde se ubican bancos de bateras que sirven como respaldo de energía DC. En la sala del motogenerador se encuentra la planta eléctrica que funciona como respaldo de energía AC en caso de falla de energía eléctrica pública. La distancia entre la estación y el centro de

mantenimiento ubicado en la ciudad de Maracay son de 42Km aproximadamente, y el tiempo de viaje aproximado seria de 1 hora 10 minutos.

#### 5.1.1.1.2. Datos de la torre

**Tabla 1:** Descripción de la torre estación Potrerito

<b>Tipo</b>	Autosoportada
<b>Altura</b>	65 mts
<b>Escalerilla vertical</b>	Escalerilla totalmente disponible, de 50 mts de altura, ubicada en la cara Este a 1.69 mts de la arista NE.
<b>Bajantes de Pararrayos</b>	No posee
<b>Barras de tierra en la torre</b>	No posee
<b>Cableado de Balizaje</b>	Ubicado en la arista NE.

Fuente. Autor

#### 5.1.1.2. Estación N53

##### 5.1.1.2.1. Datos de la estación

La estación está ubicada en el Pardillal, Caserío la Múcura, municipio San Casimiro, Estado Aragua, sus coordenadas geográficas son 9°53'14.00"N 67°2'30.00"O y se encuentra a 464 msnm en un zona montañosa de dificultad media, dicha estación consta de tres casetas las cuales son definidas como caseta de vigilancia, caseta de telecomunicaciones ver figura 18 y caseta de motogenerador. También se halla una torre autosorportada que se encuentra a nivel del terreno con una altura de 110 metros, ver tabla 2 para más especificaciones y para visualizar la torre ver figura 19 para visualizarla. En la caseta de telecomunicaciones se puede observar la sala de radio en la cual se encuentran los diferentes equipos de telecomunicaciones y la sala de baterías en donde se ubican los bancos de baterías que sirven como respaldo de energía DC. En la sala de motogenerador se encuentra la planta

eléctrica que funciona como respaldo de energía AC en caso de falla de energía eléctrica pública. La distancia entre el centro de mantenimiento y la estación son de 100Km aproximadamente y el tiempo de viaje en respuesta a cualquier eventualidad sería de 2 horas aproximadamente.

#### 5.1.1.2.2. Datos de la torre

**Tabla 2.** Descripción de la torre estación N53

<b>Tipo</b>	Autosoportada
<b>Altura</b>	110 mts
<b>Escalerilla vertical</b>	Escalerilla totalmente disponible
<b>Bajantes de Pararrayos</b>	Desciende sobre la arista NE.
<b>Barras de tierra en la torre</b>	Se encuentra instalado un bajante de tierra hasta los 100 mts de altura, con barras de tierra a los 3, 60 y 100 mts de altura. Sin embargo, la barra ubicada a los 60 mts no tiene disponibilidad de conexiones.
<b>Cableado de Balizaje</b>	Ubicado en la arista NE.

**Fuente.** Autor



**Figura 18.** Vista de la gaceta de telecomunicaciones de la estación N53.

**Fuente.** Autor.



**Figura 19.** Torre autoportada de la estación N53.

**Fuente.** Autor.

### **5.1.1.3. Estación Chorore**

#### **5.1.1.3.1. Datos de la estación**

La estación se encuentra ubicada en Taguay, municipio Urdaneta, estado Aragua, las coordenadas geográficas son  $9^{\circ}46'32,40''N$   $66^{\circ}38'36,81''$  y se encuentra ubicada a 540 msnm en una zona montañosa de dificultad media, dicha estación consta de tres casetas las cuales son definidas como caseta de vigilancia, caseta de telecomunicaciones ver figura 20 y caseta de motogenerador. También se halla una torre autoportada con una altura de 80 metros, para más especificaciones ver tabla 3 y para visualizar la torre ver figura 21. en la caseta de telecomunicaciones se puede observar la sala de radio en la cual se encuentran los diferentes equipos de telecomunicaciones y la sala de batería en donde se ubican los bancos de baterías que sirven como respaldo DC. En la sala del motogenerador se encuentra la planta eléctrica que funciona como respaldo de energía AC en caso de falla de energía eléctrica pública. La distancia entre el centro de mantenimiento ubicado en Altagracia de Orituco y la

estación es de 32 Km aproximadamente con un tiempo de viaje de 40 minutos aproximadamente.

### 5.1.1.3.2. Datos de la torre

**Tabla 3.** Descripción de la torre estación Chorore

<b>Tipo</b>	Autosoportada
<b>Altura</b>	80 mts
<b>Escalerilla vertical</b>	Escalerilla totalmente disponible
<b>Bajantes de Pararrayos</b>	Desciende sobre la arista SO.
<b>Barras de tierra en la torre</b>	Se encuentra instalado un bajante de tierra hasta los 100 mts de altura, con barras de tierra a los 3, 60 y 100 mts de altura. Sin embargo, la barra ubicada a los 60 mts no tiene disponibilidad de conexiones.
<b>Cableado de Balizaje</b>	Ubicado en la arista NE.

**Fuente.** Autor.



**Figura 20.** Caseta de telecomunicaciones de la estación Chorore.

**Fuente.** Autor.



**Figura 21.** Torre autoportada de la estación Chorore

**Fuente.** Autor.

### **5.1.1.3. Estación El Chivo**

#### **5.1.1.3.1. Datos de la estación**

La estación se encuentra ubicada en la Finca el Samán, Ipore de Orituco, municipio José Tadeo Monagas, estado Guárico, las coordenadas geográficas son  $9^{\circ}50'29.48''N$   $66^{\circ}19'51.22''O$  y se encuentra ubicada a 508 msnm en una zona montañosa de dificultad media, dicha estación consta de tres casetas las cuales son definidas como caseta de vigilancia, caseta de telecomunicaciones ver figura 22 y caseta de motogenerador. También se halla una torre autoportada que se encuentra a nivel del terreno con una altura de 25 metros, para más especificaciones ver tabla 4 y para visualizar la torre ver figura 23. En la caseta de telecomunicaciones se puede observar la sala de radio en la cual se encuentran los diferentes equipos de telecomunicaciones y la sala de batería en donde se ubican los bancos de baterías que sirven como respaldo DC. En la sala de motogenerador se encuentra la planta eléctrica que funciona como respaldo de energía AC en caso de falla de energía eléctrica pública. La distancia entre el centro de mantenimiento ubicado en Altagracia de Orituco y la

estación es de 20Km aproximadamente con un tiempo de viaje de 25 minutos aproximadamente.

#### 5.1.1.3.2. Datos de la torre

**Tabla 4.** Descripción de la torre El Chivo

<b>Tipo</b>	Autosoportada
<b>Altura</b>	25 mts
<b>Escalerilla vertical</b>	Escalerilla totalmente disponible
<b>Bajantes de Pararrayos</b>	Desciende sobre la arista SE.
<b>Barras de tierra en la torre</b>	No posee
<b>Cableado de Balizaje</b>	Ubicado en la arista NE.

**Fuente.** Autor



**Figura 22.** Caseta de telecomunicaciones de la estación El Chivo.

**Fuente.** Autor



**Figura 23.** Torre autoportada de la estación El Chivo.

**Fuente.** Autor

## **5.1.2. Equipos utilizados en la red Nurgas Oriente**

### **5.1.2.1. Radios utilizados**

Los Radios utilizados actualmente en la red son Siemens modelo CRT-216 de tecnología PDH: existen 2 equipos de 4x34 (140 Mbps) en configuración Hot-Standby, este equipo está estructurado de la siguiente forma:

- § Transmisores y Receptores
- § Bit-in / Bit-Ex
- § Moduladores y Demoduladores
- § CCA
- § Banda Base
- § Sistema Radiante (antena, onda, guía y hangle kit)

El transmisor – receptor CTR 216/6U es un equipo que opera en las bandas de 6.4 a 7.1 GHz para cumplir con la transmisión de señales de alta capacidad (4x34 Mb/s). Utilizando como técnica de modulación 16 QAM.

El CRT 216/6U ocupa un bastidor completo, en el que están colocados los módulos que lo integran, tal como se observa en la figura 24. Las dimensiones del bastidor son: 2600 x 10 x 260 mm. Tienen las siguientes medidas:

- § Transmisor: 530 x 110 x 220 mm.
- § Receptor principal: 340 x 55 x 185 mm.
- § Receptor de diversidad en espacio: 340 x 55 x 185 mm.

Para evitar la pérdida de información, se configuro el transceptor con protección 1+1, que consiste en una reserva activa en el emisor, la cual proporciona redundancia y seguridad en la señal. Los recorridos en transmisión son idénticos, seleccionándose uno de los dos transmisores con conmutador RF, dependiendo de la calidad de las señales, el emisor de reserva tiene características idénticas al principal y se encuentra ubicado en otro bastidor, por lo que para el sistema Nurgas Oriente existe dos bastidores transceptores, uno principal y otro auxiliar.

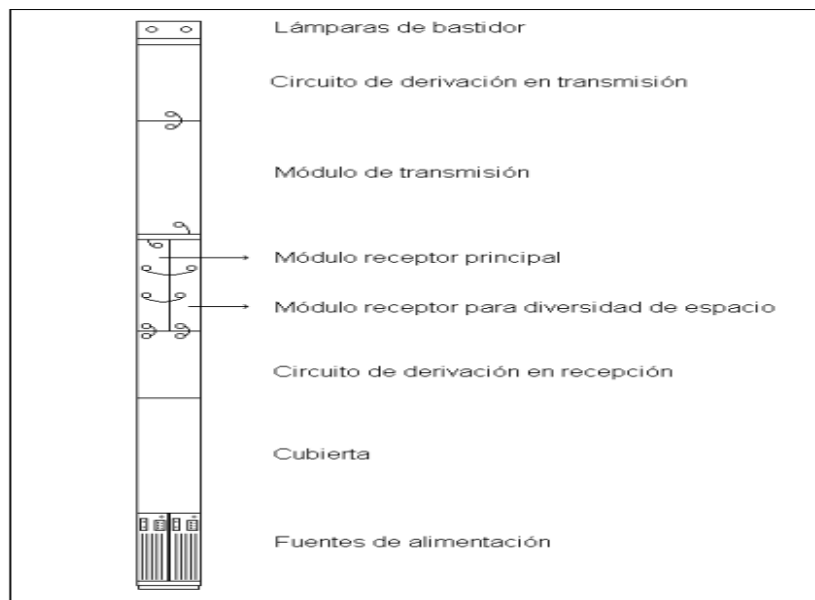
#### **5.1.2.1.1. Características internas**

El transceptor CTR 216/6U está compuesto por dos módulos principales, transmisor y receptor y, en caso ser predispuerto con protección de diversidad en espacio, posee también un módulo receptor de diversidad de espacio. Con estas unidades, cumple la función de transmitir o recibir el flujo de capacidad 4x34 Mb/s a RF.

#### **5.1.2.1.2. Características Externas**

Cada módulo posee, en forma independiente, indicaciones de alarmas, tomas de monitoreo y seccionamientos que facilitan el reconocimiento y eliminación de fallas, así como también las rutinas preventivas de mantenimiento. En las unidades se generan alarmas internamente, como resultado de alguna avería en sus circuitos. Estas alarmas se combinan

para producir el encendido de LEDs indicadores y también se envían al exterior hasta el sistema de supervisión.



**Figura 24.** Disposición del transceptor CTR 216/6U en el bastidor.

**Fuente.** Autor.

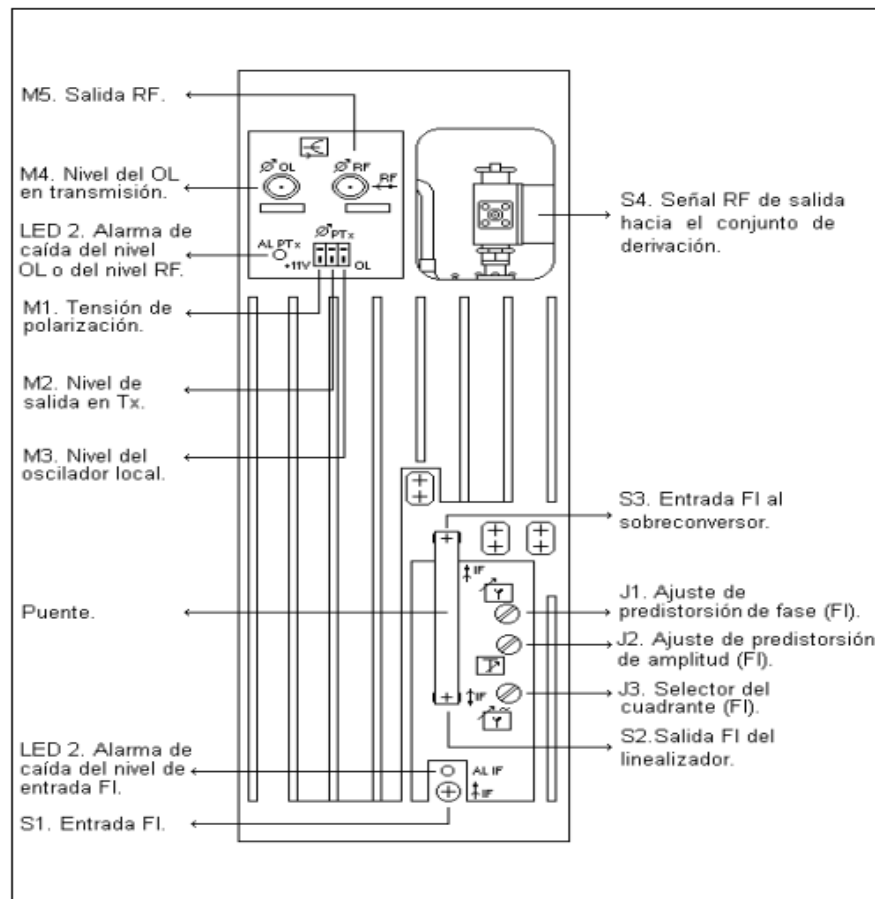
El equipo CTR 216/6U tiene puntos de medición en corriente continua para comprobar los parámetros más significativos y en corriente alterna para permitir las mediciones de las señales de entrada y salida sin necesidad de acceder los seccionamientos e interrumpir el tráfico.

Los puntos de medición en c.c. indican una tensión de  $-2.5 V_{cc} \pm 0.3$  cuando se conecten a un voltímetro digital a través de un resistor de 1 K

## 5.1.2.2. Elementos en la tapa frontal de los módulos

### 5.1.2.2.1. Modulo transmisor

En él se introduce la señal a FI proveniente del MODEM CMF 36/16, que se pre distorsiona para compensar la posterior distorsión producida por su amplificador, la cual alimenta después con una frecuencias portadora 6 Ghz formada con la mezcla de la señal de entrada y la generada por el oscilador local y, finalmente, se amplifica el nivel de la señal RF a ser transmitida, hasta un valor mayor o igual a 29 dBm. La estructura externa del transmisor se representa en la figura 25.



**Figura 25.** Vista externa del Módulo Transmisor

**Fuente.** Autor

### 5.1.2.2.2. Modulo receptor Principal

El conjunto receptor principal convierte el flujo de RF que recibe, en una señal a FI, al con la mesclar la señal generada por un oscilador local. Además, en caso de que exista protección de diversidad de espacio en el enlace, combina la señal a FI obtenida con la que proviene del receptor de diversidad de espacio.

Su constitución externa con la identificación de los elementos que posee se observa en la figura 26.

### 5.1.2.2.3. Modulo receptor de diversidad de espacio

El receptor de diversidad de espacio convierte la señal entrante RF en una señal FI se desfasa con un circuito controlado por un microprocesador y posteriormente se envía al receptor principal a través de una conexión que une dos seccionamientos externos para, una vez allí, combinarse con la señal a FI presente en el mismo.

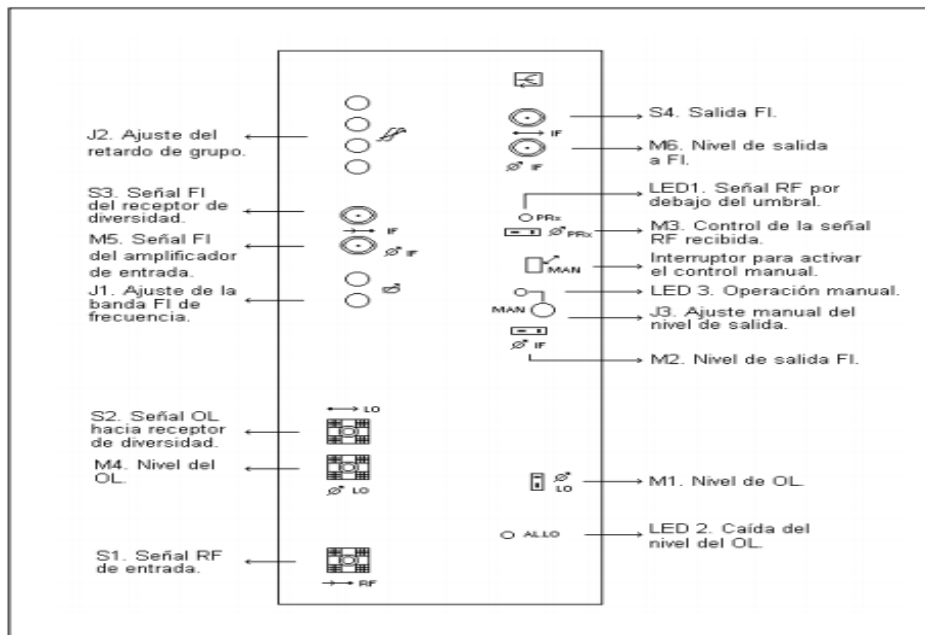


Figura 26. Vista externa del módulo receptor principal

Fuente. Autor

### **5.1.3. Requerimientos de la red actual.**

La red troncal Nurgas Oriente es de gran necesidad para la empresa, de su funcionamiento depende que se mantenga un gran número de procesos que lleva a cabo dicha empresa en el área, para lo cual se necesitaría un sistema de redundancia que mantenga los servicios funcionando ante cualquier eventualidad del sistema de transmisión principal que se mantiene vigente desde el año 1992 el cual por su obsolescencia el proveedor no garantiza proveer los repuestos necesarios para mantener dicho servicio en funcionamiento. El enlace que se tiene en uso perdió su back-up de respaldo debido a la reutilización de los equipos para mantener funcionando la plataforma principal de transmisión de datos.

## **5.2. Fase II: Determinación de la opción tecnológica adecuada a los requerimientos de la plataforma a diseñar.**

### **5.2.1. Fibra óptica**

La fibra óptica como medio de transmisión tiene una gran eficiencia en las redes de datos y de telecomunicaciones por la gran cantidad de información que pueden enviar y recibir, dependiendo de qué tipo de fibra se esté utilizando; la fibra multimodo puede cubrir distancia de hasta 600 metros con una velocidad de transmisión desde 10 Mbit/s hasta 10 Gbit/s, sin embargo la fibra monomodo puede cubrir distancias más extensas de hasta 10 Km con una velocidad de transmisión de hasta 10 Gbit/s.

#### **5.2.1.1. Ventajas**

Tiene un ancho de banda disponible muy grande, lo que permite flujos elevados de información en el orden de los Ghz, por su pequeño tamaño ocupa poco espacio lo cual también le permite tener gran flexibilidad, a su vez su peso es de algunos gramos por kilómetros, este tipo de medio tiene inmunidad total ante las perturbaciones de origen electromagnético y no produce interferencias, la detección de eventualidades es fácilmente encontrada por el debilitamiento de la energía lumínica en la recepción.

### **5.2.1.2. Desventajas**

Es un tipo de medio de transmisión cuya fragilidad es alta, no se puede transmitir electricidad para repetidores intermedios de ser necesarios, la fibra óptica no transmite energía eléctrica lo que limita su aplicación donde el terminal de recepción deber ser energizado desde una línea eléctrica, su aplicación para la red Nurgas oriente en el tramo que se necesita no tiene factibilidad, teniendo en cuenta su alto costo debido a la utilización de la fibra y el tiempo que tardaría en concretarse la compra de todos los elementos para la misma, también se tiene el tendido eléctrico que por ser zonas montañosas se complica para poder realizar la conexión entre cada una de las estaciones, por lo cual esta no es una alternativa viable debido a que se requiere una solución lo más rápido posible.

### **5.2.2. Enlaces de microondas**

Los enlaces de microondas como medio de transmisión son comúnmente utilizados, son capaces de transmitir grandes cantidades de datos debido a sus frecuencias altas. Usan repetidores que recibe la señal transmitida, la convierte en señal eléctrica y retransmite mandando grandes volúmenes de datos a través de grandes distancias. Este sistema propaga la información a través de la atmosfera terrestre, estas señales se envían entre los transmisores que se encuentran en la parte superior de las torres, esto le permite a los sistemas de microondas transmitir miles de canales de datos entre dos puntos sin depender de un medio físico de transmisión.

#### **5.2.2.1. Ventajas**

Ideales para comunicaciones en puntos distantes y no fácilmente accesibles geográficamente, manteniendo una transferencia de información a altas velocidades, a la vez sublime en servicios de acceso múltiple a un gran número de puntos. Los costos de este tipo de medio de transmisión son relativamente bajos, porque se cuenta con el material necesario en la empresa para utilizarlo en este tipo de enlace, al tener un enlace de microondas en funcionamiento se tiene todo el equipo necesario para instalarse y ponerlo en funcionamiento

lo más pronto posible, también se posee el lugar específico donde instalarlo en las torres de las estaciones que se reutilizaran para realizar dicho enlace.

#### **5.2.2.2. Desventajas**

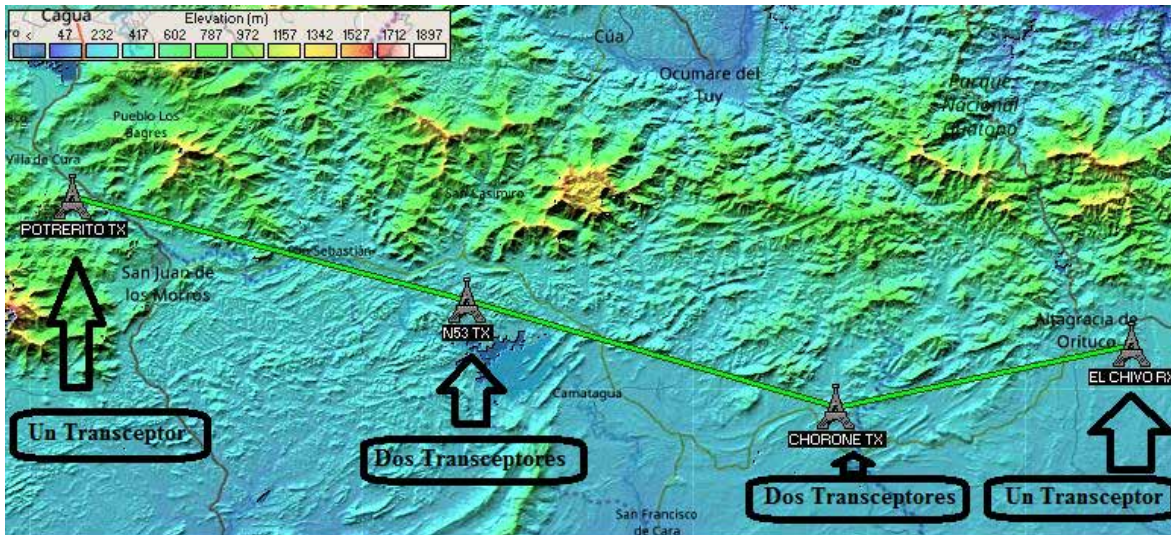
Requiere línea de vista para poder transmitir la información de manera ininterrumpida, necesita mucha potencia para alcanzar las grandes distancias a cubrir, las estaciones de telecomunicaciones y las torres tienen un elevado costo de construcción.

#### **5.2.3. Opción tecnológica adecuada a los requerimientos de la plataforma a diseñar**

Al efectuar una comparación entre ambas opciones se optó por utilizar los enlaces de microondas, puesto que, de acuerdo a los requerimientos los aspectos a la plataforma que se quiere diseñar que es alternativa y se necesita a la brevedad posible, teniendo que las desventajas de los sistemas de microondas no son un obstáculo de gran envergadura, sin embargo sus ventajas de aplicación son grandes y al tener en disposición el equipo a utilizar para este tipo de enlace recorta enormemente el tiempo de implementación que tendrá la empresa para poner en marcha esta plataforma alternativa que es de gran necesidad para la misma.

### **5.3. Fase III: Diseño de la plataforma alternativa de transmisión de datos**

La propuesta de diseño del sistema alternativo se va a constituir por transceptores en cada punto de interés, en los extremos terminales que son Potrerito y el Chivo se va a colocar un transceptor y en los repetidores que serían N53 y Chorore se colocara un conjunto de dos transceptores, ver figura 27.



**Figura 27.** Ubicación geográfica de las estaciones con cantidad de transceptores

**Fuente.** Autor

### 5.3.1. Descripción de equipos

#### 5.3.1.1. Radio de enlaces de microondas Rocket M5

El Radio Rocket M5 de la empresa Ubiquiti es un equipo resistente de alta potencia, MIMO 2x2 muy lineal con el funcionamiento del receptor mejorado. Cuenta con un rendimiento increíble y cubre distancias de hasta 50Km, su velocidad de avance es de 150 Mbps reales IPAC / IP. Este radio fue diseñado específicamente para la intemperie con enlaces punto a punto y PTMP. Este modelo es de 5Ghz, trabaja de 5470 – 5825 Mhz, tiene dos conectores RPSMA y 27dBm de potencia. Imagen del equipo figura 28.

Su tecnología airMAX Ubiquiti está comprobada en muchas implementaciones en todo el mundo, exhibiendo un rendimiento excepcional en entornos exteriores. El protocolo TDMA airMAX permite una escalabilidad sin precedentes, con un alto rendimiento y baja latencia en redes multipunto sin licencia.

Este radio incluye ciertas especificaciones que se mostraran a continuación, para más especificaciones (Ver anexo A)

§ Puertos LAN – 1

- § Estandar Wireless – 802.11 a/n
- § Frecuencia – 5Ghz
- § Potencia de salida a 5 Ghz = 27dBm (500mW)
- § Procesador – Atheros 24KC
- § Arquitectura – MIPS
- § Procesador – Velocidad – 400Mhz
- § RAM – 64Mb
- § Wireless Integrado – Si Tiene
- § Consumo eléctrico máximo – 7W
- § Rango de Temperatura – 30°C a 70°C
- § Alimentación Eléctrica – No, sólo POE
- § Soporte POE – 12-24v DC en ether1
- § Conector antena 1 – 2x RPSMA hembra
- § Almacenamiento – 8Mb
- § Soporta Airmax - Si



**Figura 28.** Radio Rocket M5

**Fuente.** [web] <https://www.ubnt.com/airmax/rocketm/>

### **5.3.1.2. Antenas Rocket Dish**

Las antenas Rocket Dish son carrier class que fueron diseñadas para ser utilizadas junto a los equipos de transmisión RocketM. La perfecta combinación del RocketM sumado a un Rocket Dish crean un potente puente MiMo PtP con tasas de transferencias de hasta 150 Mbps en vanos de hasta 30Kms. Dicha antena es metálica, con un diámetro de 3 pies o 10 cms y entrega hasta 34 dBi de ganancia en el rango de 5.1 a 5.5 Ghz. Imagen del equipo figura 29.

Esta antena cuenta con dos conectores RPSMA hembras para poder conectarse a un RocketM y tiene un haz de señal de 3 grados verticales y 3 grados horizontales para una gran distancia de hasta 100 km. Al ser MiMo 2x1, permite la integración con aplicaciones AirMAX (TDMA) que le permite a cada usuario enviar y recibir información en espacios de tiempo pre formateados por un AP inteligente, este espacio de tiempo elimina las colisiones entre nodos y maximiza la eficiencia del uso del espectro inalámbrico, mejorando notablemente la latencia, ancho de banda y escalabilidad comparado con cualquier otro sistema de su clase. Consta de las siguientes especificaciones que se muestran a continuación, para más especificaciones (Ver anexo B):

- § Para ambiente de - Exterior
- § Estándar Wireless – 802.11 a/n
- § Frecuencia – 5Ghz
- § Ganancia Antena – 34dBi
- § Conector Antena 1 – 1 RPSMA Hembra
- § Conector Antena 2 – 1 RPSMA Hembra
- § Soporta AirMAX – Si
- § Tipo de Antena – Parabólica
- § Polaridad – 2x2 MiMo



Model	Frequency	Gain <sup>1</sup>	Radome <sup>2</sup>
RD-5G34	4.9 - 5.8 GHz	30 - 34 dBi	RAD-RD3

The RD-5G34 offers up to 34 dBi of gain in a 1050-mm diameter size.

**Figura 29.** Antena Rocket Dish 34dBi

**Fuente.** [https://dl.ubnt.com/datasheets/rocketdish/rd\\_ds\\_web.pdf](https://dl.ubnt.com/datasheets/rocketdish/rd_ds_web.pdf)

### 5.3.2. Descripción de los enlaces utilizando Radio Mobile

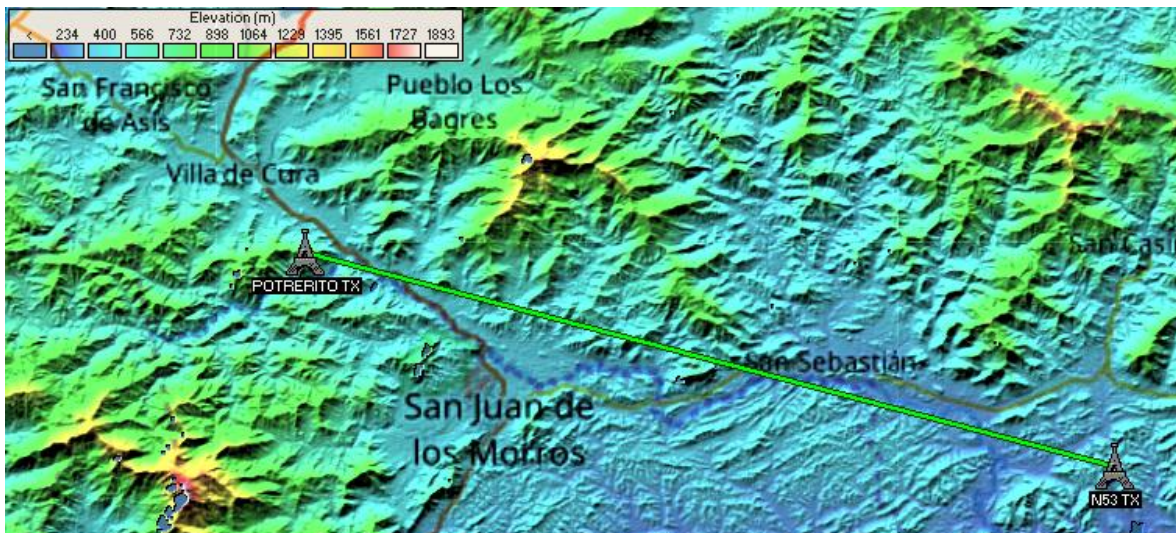
Se diseñaron tres enlaces entre las cuatro ubicaciones de las estaciones donde ya está funcionando la antigua plataforma de transmisión de datos, estos enlaces se describirán a continuación por separado. Estos 3 enlaces son:

- § Potrerito – N53
- § N53 – Chorore
- § Chorore – El Chivo

#### 5.3.2.1. Potrerito – N53

Este enlace tiene una distancia de 47.28 Km, se encuentra en una zona montañosa en el centro del país su ubicación geográfica se puede apreciar en la figura 30. En él se utilizó el radio Rocket M5 y la antena de transmisión Rocket Dish en ambas ubicaciones, sin ningún

tipo de pérdida por cableado, puesto que, el radio es intemperie y se coloca en la misma antena de transmisión, ella tiene una base donde ingresa perfectamente el radio.

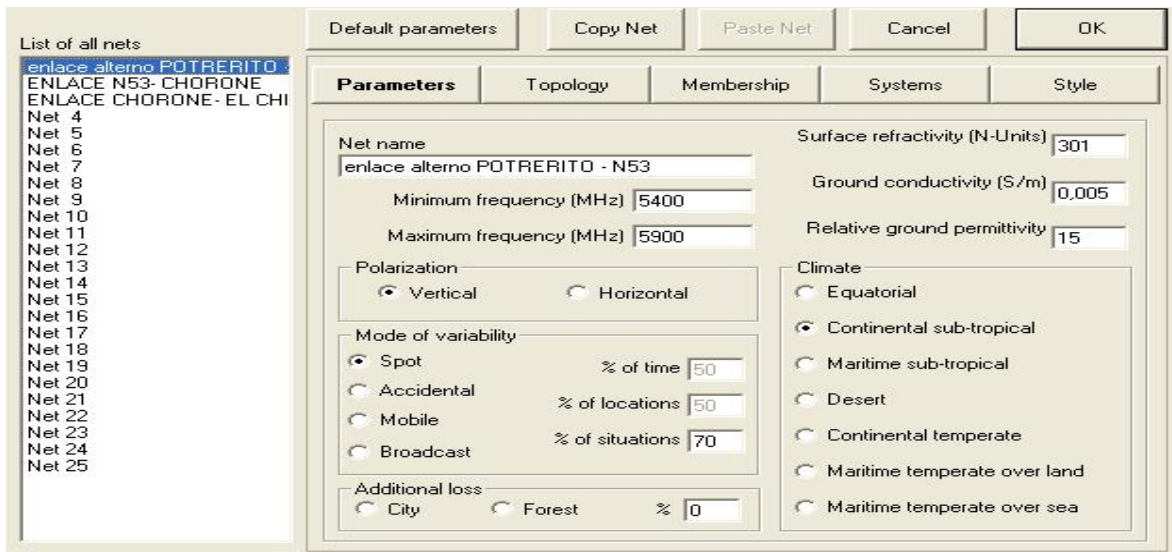


**Figura 30.** Ubicación geográfica del enlace Potrerito – N53.

**Fuente.** Autor.

Para el cálculo del enlace se utilizó el software Radio Mobile, este arrojó toda información de gran importancia sobre el enlace. Se empezó colocando los valores de importancia que necesita el programa para realizar el cálculo pertinente. Solicita los parámetros, donde se agrega la frecuencia máxima y mínima a utilizar, el clima en donde se va a realizar el enlace, el modo de variabilidad y la polarización en la cual se va a trabajar, estos valores se pueden observar en la figura 31. Luego se agregan los miembros del enlace que se va a desarrollar, en este punto se coloca el rol que tendrá cada transceptor en el enlace dependiendo de su funcionamiento, también el sistema en el cual se está trabajando, la altura de las antenas y hacia donde está apuntando dicho transceptor, por cada enlace se tiene dos miembros, en el caso de Potrerito se puede contemplar en la figura 32, mientras que, para N53 se observa en la figura 33. Por último se agrega el sistema con que se trabaja el cual se

puede notar en la figura 34, en este renglón se agrega las ganancias del transmisor con su umbral de recepción, la pérdida en la línea que existe entre el transmisor y la antena, además el tipo de antena a utilizar su ganancia y el tamaño de la misma, este renglón es igual para los 3 enlaces que se van a estudiar.



**Figura 31.** Parámetros del sistema Potrerito – N53.

**Fuente.** Autor.

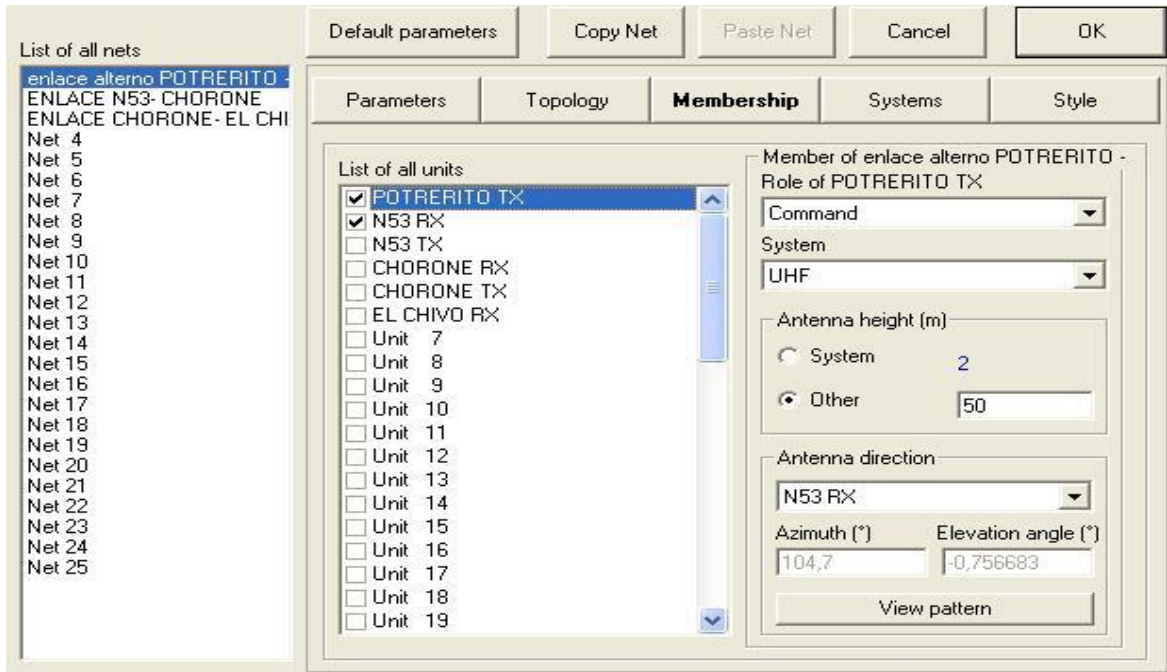


Figura 32. Miembro Potrerito del enlace Potrerito – N53

Fuente. Autor

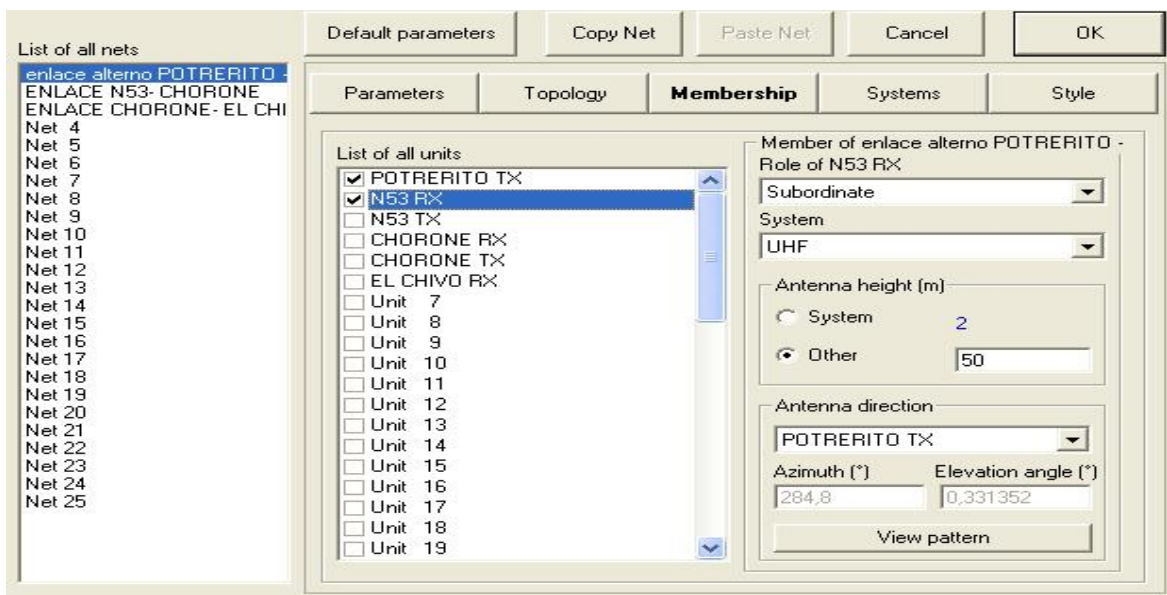
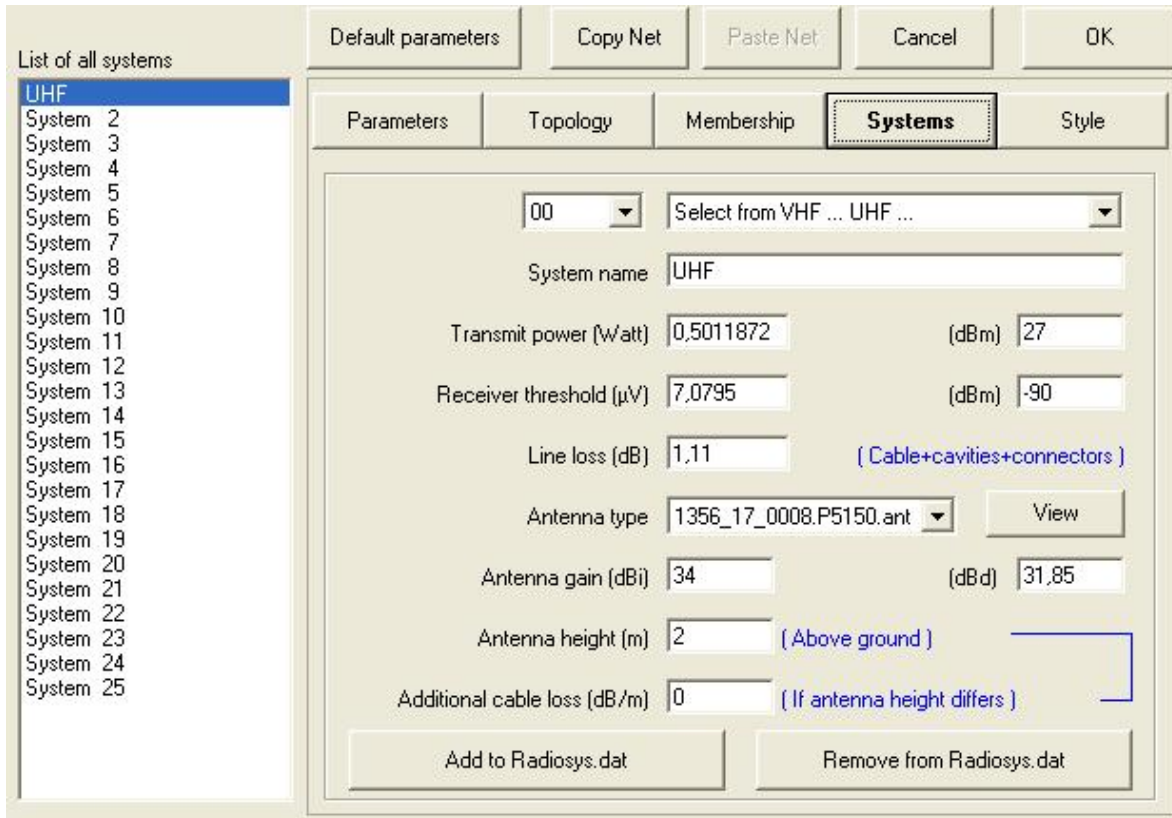


Figura 33. Miembro N53 del enlace Potrerito – N53.

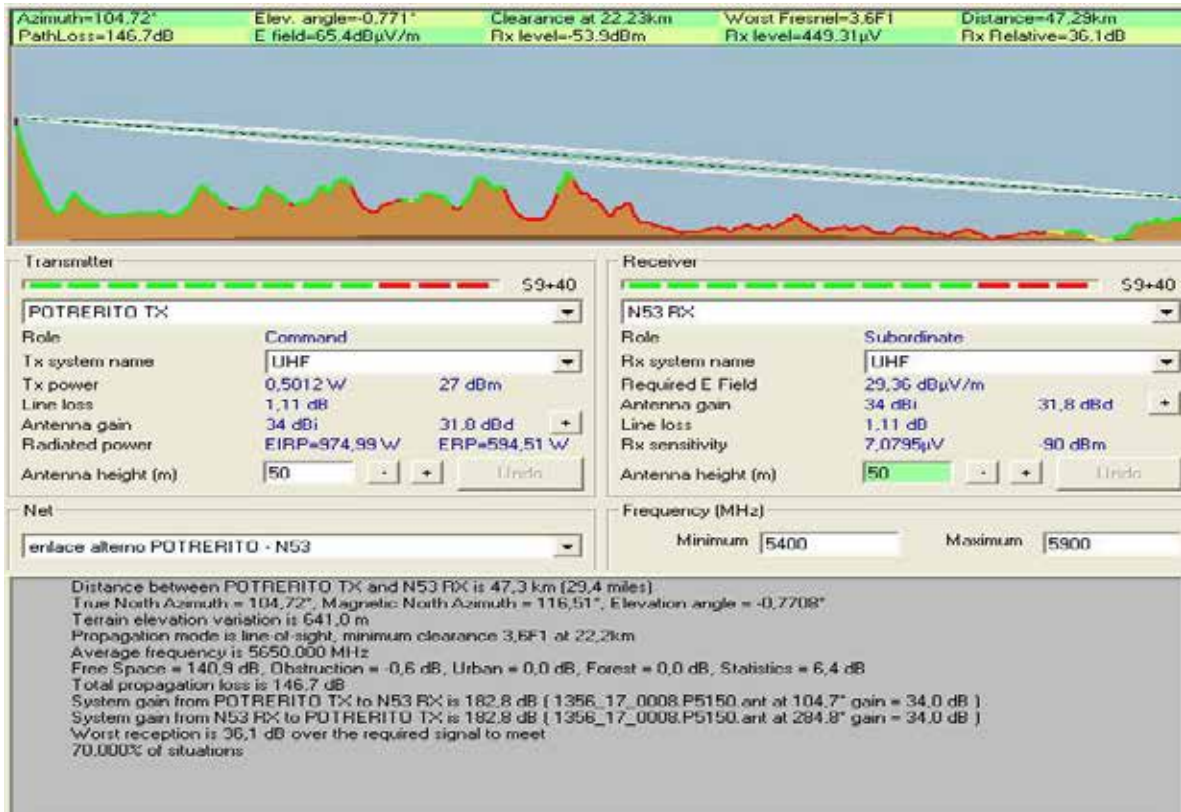
Fuente. Autor.



**Figura 34.** Sistema de todos los enlaces.

**Fuente.** Autor.

Posteriormente de colocar todos los requisitos del software Radio Mobile se procede a realizar el enlace que se puede ver en la figura 35 donde se observa los resultados que arroja el programa con el despeje de Fresnel, con todas las pérdidas del sistema calculado, con la potencia en el receptor y la distancia del enlace por el software Radio Mobil. Luego se observa dónde va a estar ubicada la antena de transmisión en la torre autosoportada en la figura 36. Y en la figura 37 se muestra la ubicación de la antena en la torre autosoportada en la estación N53 apuntando hacia Potrerito.



**Figura 35.** Enlace Potrerito – N53 diseñado con software Radio Mobil.

**Fuente.** Autor.



**Figura 36.** Ubicación de la antena en la torre autosoportada.

**Fuente.** Autor.

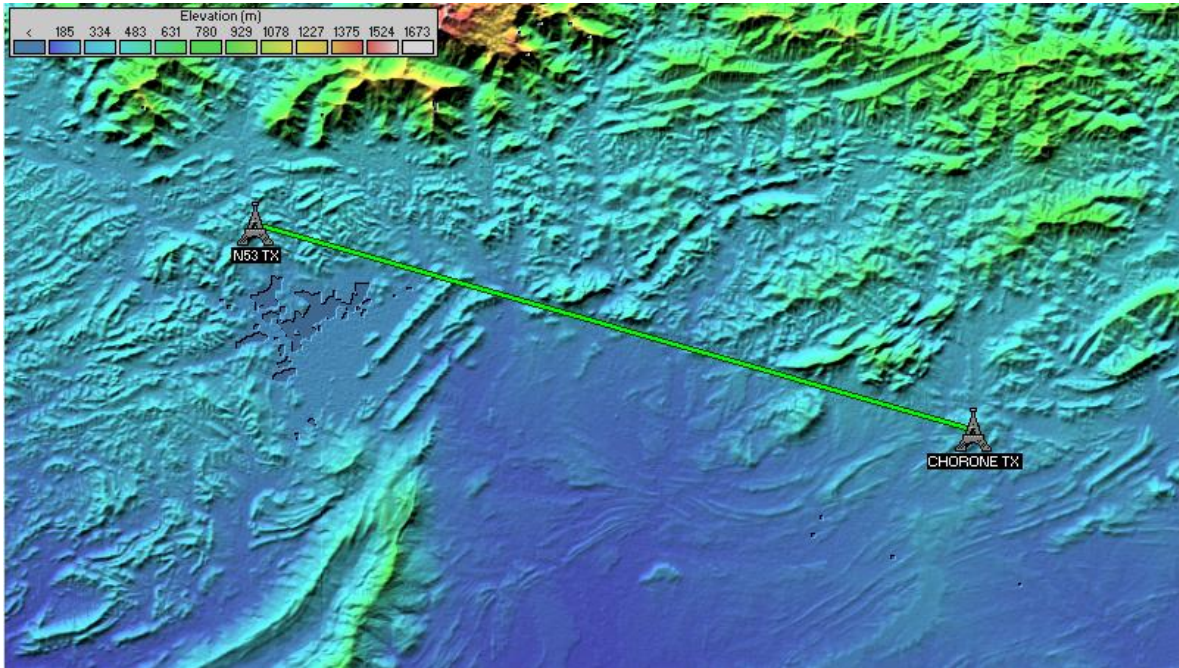


**Figura 37.** Ubicación de la antena en la torre autoportada de N53 con vista a Potrerito.

**Fuente.** Autor

### **5.3.2.2. N53 – Chorore**

Este enlace tiene una distancia de 44.7Km de separación, se encuentra en una zona montañosa del país de accesibilidad media, su ubicación geográfica se puede apreciar en la figura 38, para este enlace se utilizó el radio Rocket M5 con la antena Rocket Dish en ambas ubicaciones, sin ningún tipo de pérdida por cableado, debido que, el radio es intemperie y se coloca en la misma antena de transmisión, esta contiene una base donde ingresa perfectamente el radio.



**Figura 38.** Ubicación geográfica del enlace N53 – Chorore.

**Fuente.** Autor.

Para el cálculo del enlace se utilizó el software Radio Mobile dicho sistema arroja todo tipo de información de gran importancia sobre el enlace. Se empezó colocando los valores de importancia que necesita el programa para realizar el cálculo pertinente. Solicita los parámetros, donde se agrega la frecuencia máxima y mínima a utilizar, el clima en donde se va a realizar el enlace, el modo de variabilidad y la polarización en la cual se va a trabajar, estos valores se pueden observar en la figura 39. Luego se agregan los miembros del enlace que se va a desarrollar, en este punto se coloca el rol que tendrá cada transceptor en el enlace dependiendo de su funcionamiento, también el sistema en el cual se está trabajando, la altura de las antenas y hacia donde está apuntando dicho transceptor, por cada enlace se tiene dos miembros para el caso de N53 se puede contemplar en la figura 40, mientras que, Chorore se visualiza en la figura 41.

List of all nets enlace alterno POTRERITO - <b>ENLACE N53- CHORONE</b> ENLACE CHORONE- EL CHI Net 4 Net 5 Net 6 Net 7 Net 8 Net 9 Net 10 Net 11 Net 12 Net 13 Net 14 Net 15 Net 16 Net 17 Net 18 Net 19 Net 20 Net 21 Net 22 Net 23 Net 24 Net 25	Default parameters	Copy Net	Paste Net	Cancel	OK												
	<b>Parameters</b>   Topology   Membership   Systems   Style	<table border="1"> <tr> <td> Net name  <input type="text" value="ENLACE N53- CHORONE"/> </td> <td> Surface refractivity (N-Units) <input type="text" value="301"/> </td> </tr> <tr> <td> Minimum frequency (MHz) <input type="text" value="5400"/> </td> <td> Ground conductivity (S/m) <input type="text" value="0,005"/> </td> </tr> <tr> <td> Maximum frequency (MHz) <input type="text" value="5900"/> </td> <td> Relative ground permittivity <input type="text" value="15"/> </td> </tr> <tr> <td> Polarization  <input checked="" type="radio"/> Vertical    <input type="radio"/> Horizontal </td> <td> Climate  <input type="radio"/> Equatorial  <input checked="" type="radio"/> Continental sub-tropical  <input type="radio"/> Maritime sub-tropical  <input type="radio"/> Desert  <input type="radio"/> Continental temperate  <input type="radio"/> Maritime temperate over land  <input type="radio"/> Maritime temperate over sea </td> </tr> <tr> <td> Mode of variability  <input checked="" type="radio"/> Spot                    % of time <input type="text" value="50"/>  <input type="radio"/> Accidental                % of locations <input type="text" value="50"/>  <input type="radio"/> Mobile                      % of situations <input type="text" value="70"/>  <input type="radio"/> Broadcast </td> <td></td> </tr> <tr> <td> Additional loss  <input type="radio"/> City    <input type="radio"/> Forest    % <input type="text" value="0"/> </td> <td></td> </tr> </table>					Net name <input type="text" value="ENLACE N53- CHORONE"/>	Surface refractivity (N-Units) <input type="text" value="301"/>	Minimum frequency (MHz) <input type="text" value="5400"/>	Ground conductivity (S/m) <input type="text" value="0,005"/>	Maximum frequency (MHz) <input type="text" value="5900"/>	Relative ground permittivity <input type="text" value="15"/>	Polarization <input checked="" type="radio"/> Vertical <input type="radio"/> Horizontal	Climate <input type="radio"/> Equatorial <input checked="" type="radio"/> Continental sub-tropical <input type="radio"/> Maritime sub-tropical <input type="radio"/> Desert <input type="radio"/> Continental temperate <input type="radio"/> Maritime temperate over land <input type="radio"/> Maritime temperate over sea	Mode of variability <input checked="" type="radio"/> Spot                    % of time <input type="text" value="50"/> <input type="radio"/> Accidental                % of locations <input type="text" value="50"/> <input type="radio"/> Mobile                      % of situations <input type="text" value="70"/> <input type="radio"/> Broadcast		Additional loss <input type="radio"/> City <input type="radio"/> Forest    % <input type="text" value="0"/>
Net name <input type="text" value="ENLACE N53- CHORONE"/>	Surface refractivity (N-Units) <input type="text" value="301"/>																
Minimum frequency (MHz) <input type="text" value="5400"/>	Ground conductivity (S/m) <input type="text" value="0,005"/>																
Maximum frequency (MHz) <input type="text" value="5900"/>	Relative ground permittivity <input type="text" value="15"/>																
Polarization <input checked="" type="radio"/> Vertical <input type="radio"/> Horizontal	Climate <input type="radio"/> Equatorial <input checked="" type="radio"/> Continental sub-tropical <input type="radio"/> Maritime sub-tropical <input type="radio"/> Desert <input type="radio"/> Continental temperate <input type="radio"/> Maritime temperate over land <input type="radio"/> Maritime temperate over sea																
Mode of variability <input checked="" type="radio"/> Spot                    % of time <input type="text" value="50"/> <input type="radio"/> Accidental                % of locations <input type="text" value="50"/> <input type="radio"/> Mobile                      % of situations <input type="text" value="70"/> <input type="radio"/> Broadcast																	
Additional loss <input type="radio"/> City <input type="radio"/> Forest    % <input type="text" value="0"/>																	

**Figura 39.** Parámetros del sistema N53 - Chorore.

**Fuente.** Autor.

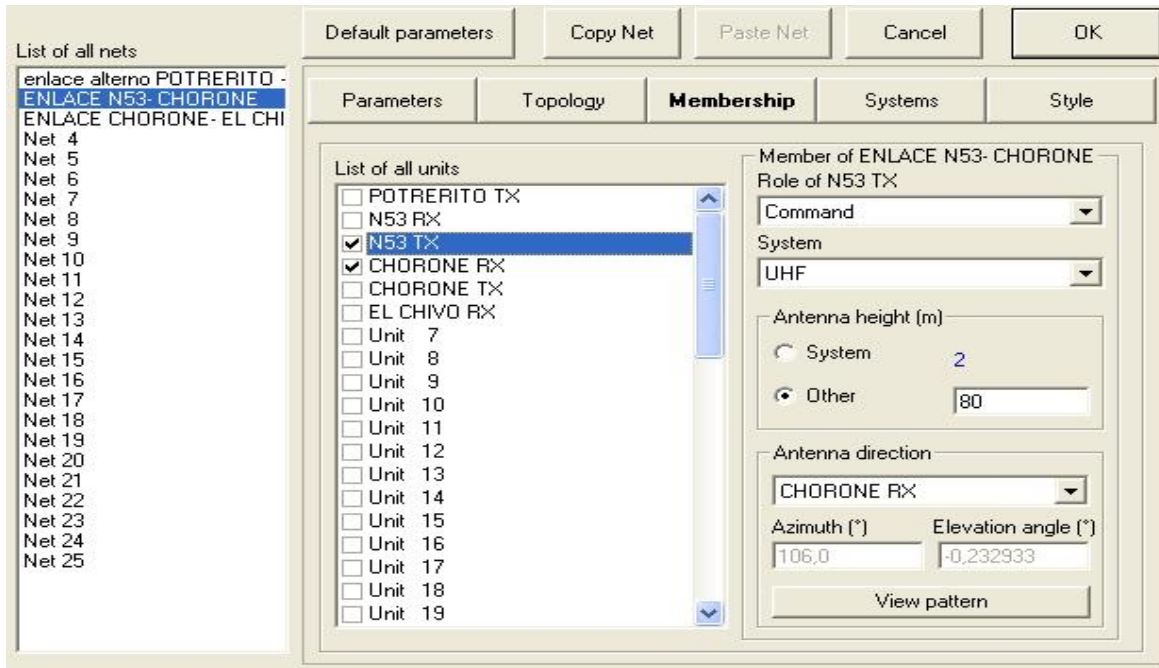


Figura 40. Miembro N53 del enlace N53 – Chorore.

Fuente. Autor.

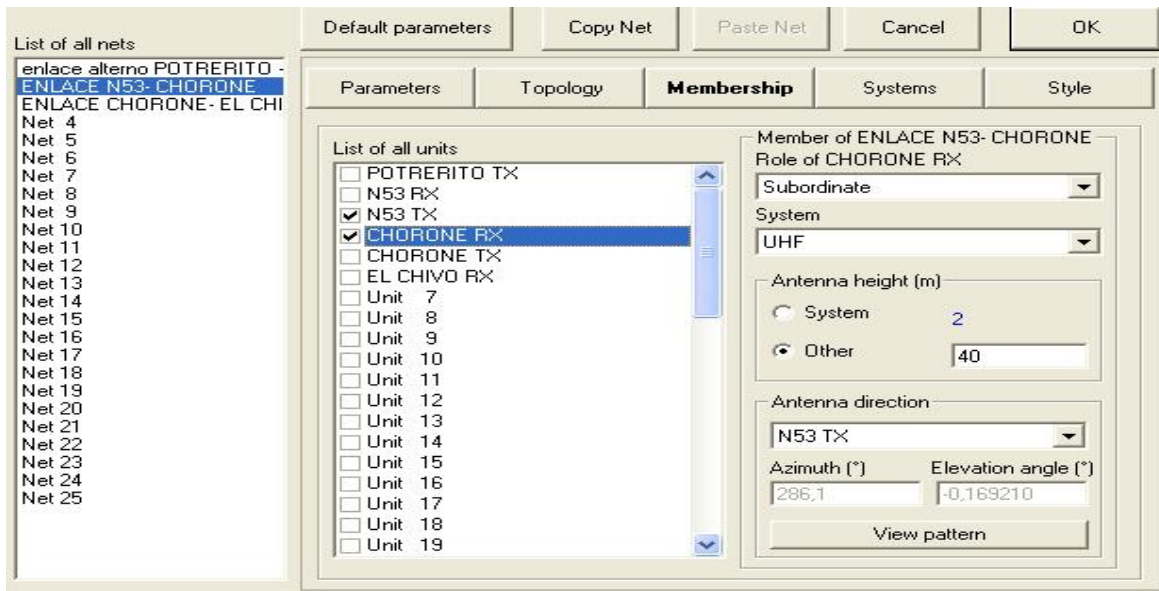
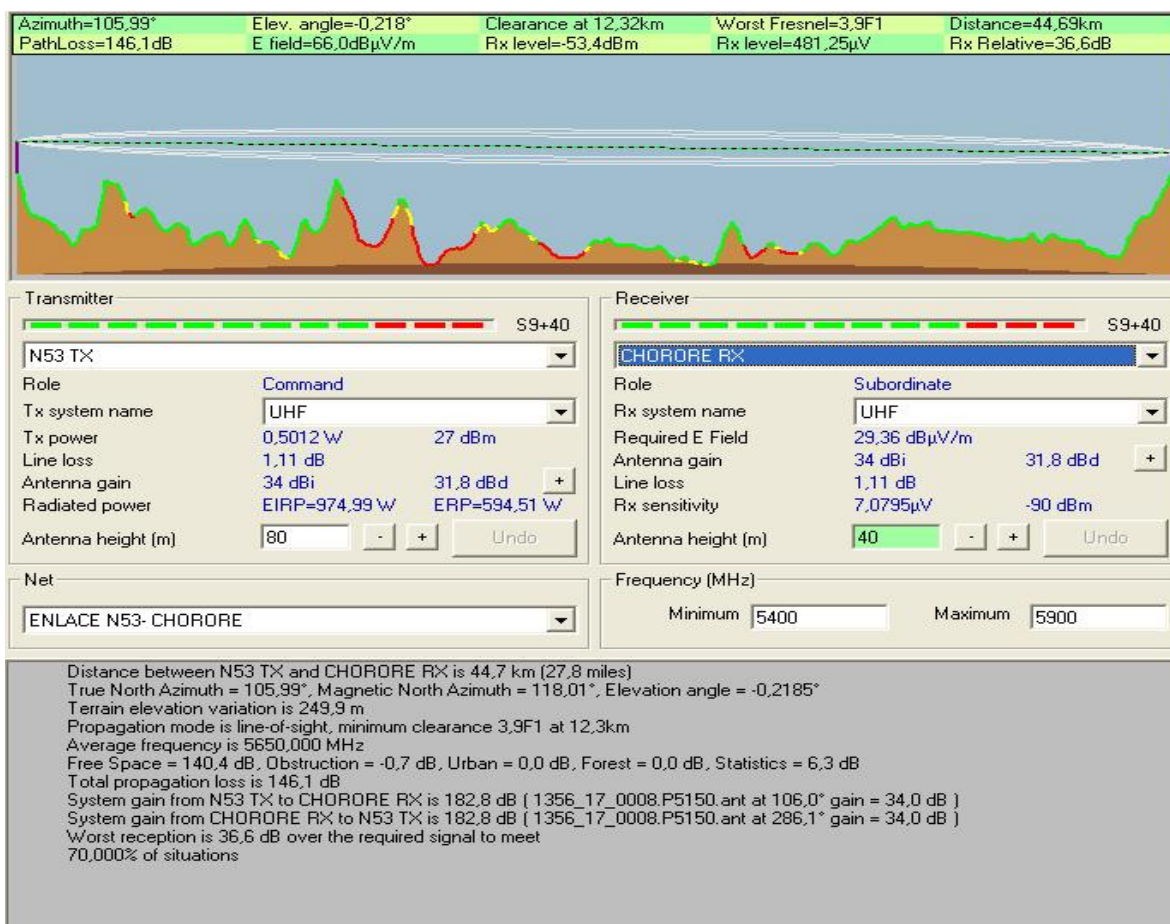


Figura. 41. Miembro Chorore del enlace N53 - Chorore.

Fuente. Autor.

Luego de colocar todos los requisitos que pide el software Radio Mobile se procede a realizar el enlace, se puede observar en la figura 42, donde se observa los resultados que arroja el programa con el despeje de Fresnel, con todas las pérdidas del sistema calculado, con la potencia en el receptor y la distancia del enlace por el software Radio Mobil. Luego se observa dónde va a estar ubicada la antena de transmisión en la torre autoportada en la figura 43. Luego se observa dónde va a estar ubicada la antena de transmisión en la torre autoportada en la figura 44. Y en la figura 45 se muestra la ubicación de la antena en la torre autoportada en la estación Chorore apuntando hacia N53.



**Figura 42.** Enlace N53 – Chorore diseñado con software Radio Mobil.

**Fuente.** Autor.



**Figura 43.** Ubicación de la antena en la torre autosoportada de N53 con vista a Chorore.

**Fuente.** Autor

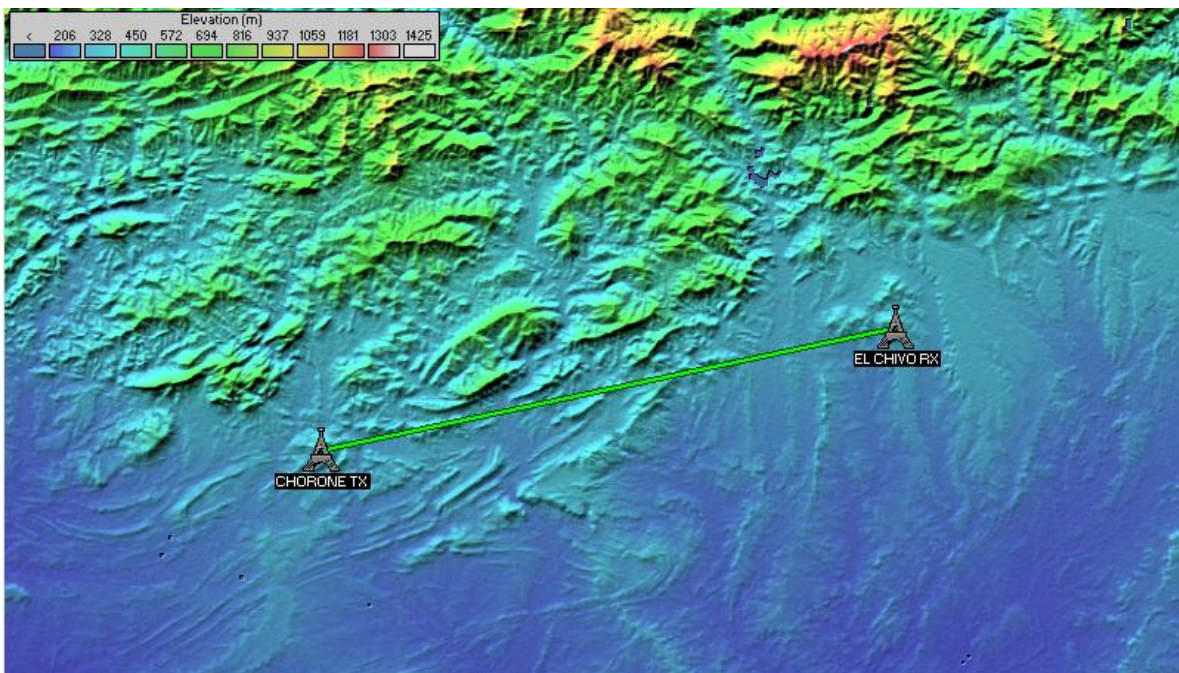


**Figura 44.** Ubicación de la antena en la torre autosoportada de Chorore con vista N53

**Fuente.** Autor.

### 5.3.2.3. Chorore – El Chivo

Este enlace tiene una distancia de 35 Km, se ubica en una zona montañosa en el centro del país de dificultad de acceso media, su ubicación geográfica se puede apreciar en la figura 45, en él se utilizó el radio Rocket M5 y la antena de transmisión Rocket Dish en ambas ubicaciones, sin ningún tipo de pérdida por cableado, puesto que, el radio es intemperie y se coloca en la misma antena de transmisión, la antena tiene una base donde ingresa perfectamente el radio.



**Figura 45.** Ubicación geográfica enlace Chorore – El Chivo.

**Fuente.** Autor.

Para el cálculo del enlace se utilizó el software Radio Mobile, dicho sistema arroja todo tipo de información de gran importancia sobre el enlace. Se empezó colocando los valores de importancia que necesita el programa para realizar el cálculo pertinente. El software

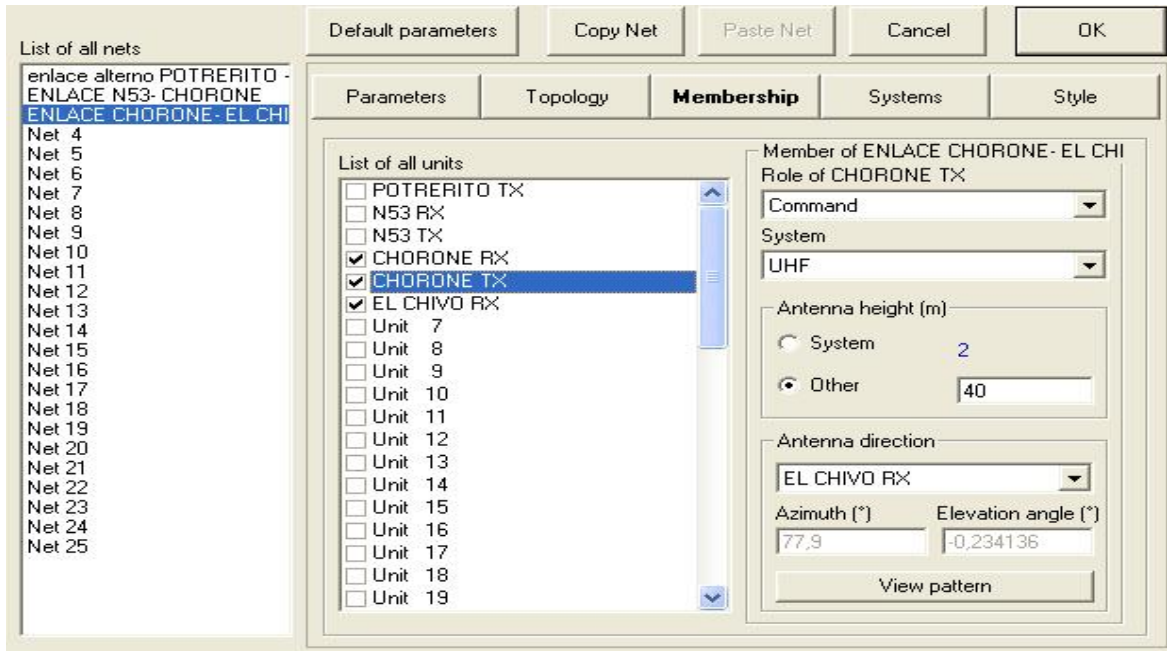
solicita primero los parámetros, donde se agrega la frecuencia máxima y mínima a utilizar, el clima en donde se va a realizar el enlace, el modo de variabilidad y la polarización en la cual se va a trabajar, estos valores se pueden observar en la figura 46. Luego se agregan los miembros del enlace que se va a desarrollar, en este punto se coloca el rol que tendrá cada transceptor en el enlace dependiendo de su funcionamiento, también el sistema en el cual se está trabajando, la altura de las antenas y hacia donde está apuntando dicho transceptor, por cada enlace se tiene dos miembros para el caso de Chorore se puede contemplar en la figura 47, mientras que, El Chivo se visualiza en la figura 48

The screenshot shows a software window with a 'List of all nets' on the left and a configuration panel on the right. The configuration panel has tabs for 'Parameters', 'Topology', 'Membership', 'Systems', and 'Style'. The 'Parameters' tab is active, showing the following settings:

- Net name: ENLACE CHORONE - EL CHIVO
- Minimum frequency (MHz): 5400
- Maximum frequency (MHz): 5900
- Polarization:  Vertical,  Horizontal
- Mode of variability:
  - Spot (% of time: 50)
  - Accidental (% of locations: 50)
  - Mobile (% of situations: 70)
  - Broadcast
- Additional loss:  City,  Forest, %: 0
- Surface refractivity (N-Units): 301
- Ground conductivity (S/m): 0.005
- Relative ground permittivity: 15
- Climate:
  - Equatorial
  - Continental sub-tropical
  - Maritime sub-tropical
  - Desert
  - Continental temperate
  - Maritime temperate over land
  - Maritime temperate over sea

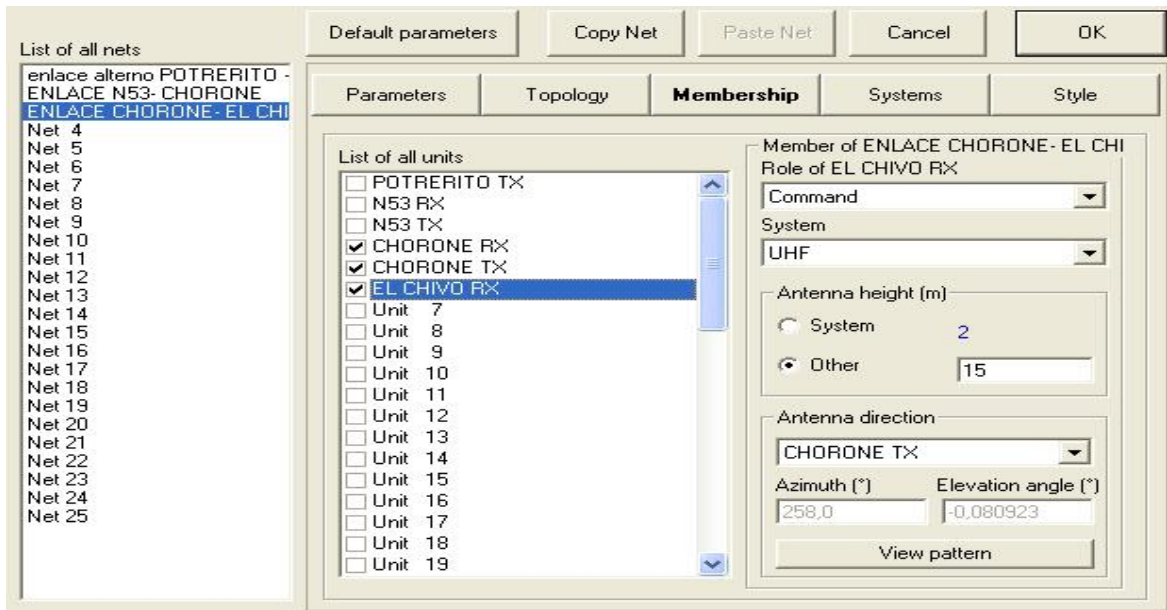
**Figura. 46.** Parámetros del sistema Chorore - El Chivo.

**Fuente.** Autor.



**Figura 47.** Miembro Chorore del enlace Chorore – El Chivo.

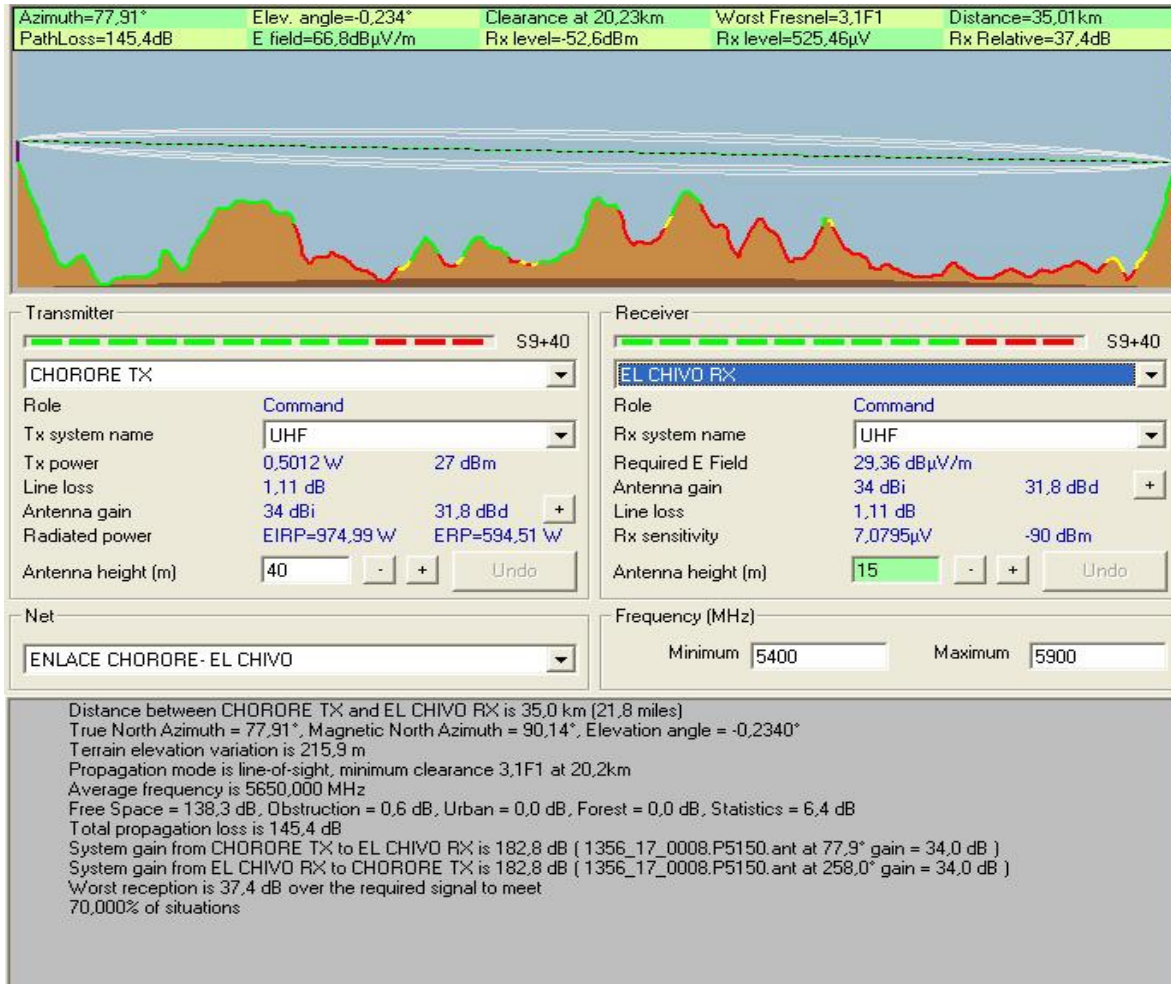
**Fuente.** Autor.



**Figura 48.** Miembro El Chivo del enlace Chorore – El Chivo.

**Fuente.** Autor.

Luego de colocar todos los requisitos que pide el software Radio Mobile se procede a realizar el enlace, en la figura 49 se observa los resultados que arroja el programa con el despeje de Fresnel, con todas las pérdidas del sistema calculado, con la potencia en el receptor y la distancia del enlace por el software Radio Mobil. Luego se observa dónde va a estar ubicada la antena de transmisión en la torre autoportada en la figura 50. Y en la figura 51 se muestra la ubicación de la antena en la torre autoportada en la estación El Chivo apuntando hacia N53.



**Figura 49.** Enlace Chorore – El Chivo diseñado con software Radio Mobil.

**Fuente.** Autor.



**Figura 50.** Ubicación de la antena en la torre autoportada de Chorore con vista El Chivo

**Fuente.** Autor.



**Figura 51.** Ubicación de la antena en la torre autoportada de El Chivo con vista Chorore

**Fuente.** Autor.

### 5.3.3. Cálculos manuales de los enlaces

Después de haber estudiado los enlaces utilizando el software Radio Mobile, se procede a realizar cálculos manuales para corroborar los datos arrojados por dicho programa, teniendo un mejor enfoque de los enlaces para confirmar la interconexión efectiva del sistema de telecomunicaciones, donde podemos observar lo siguiente:

- § Frecuencia de operación del Radio: 5400 Mhz a 5900 Mhz.
- § Frecuencia promedio:  $f = \text{—————}$
- § Potencia de transmisión para todos los radios.  $P_{tx} = 27 \text{ dBm}$ . Equivale a 0,501 W.
- § Sensibilidad de recepción para todas las unidades.  $C_{min} = -90 \text{ dBm}$ .
- § Ganancia de las antenas  $G_{tx} = G_{rx} = 34 \text{ dBi}$ .
- § Atenuación de la línea: 35,5 dB/ 100 metros.

Los datos aquí presentados, todos ellos aportados por las hojas técnicas del fabricante, conseguimos calcular los cálculos necesarios para comprobar la eficiencia del sistema.

#### 5.3.3.1. Pérdida de la línea

Esta es la pérdida que encontramos en la línea entre el transmisor y la antena, por los tres enlaces utilizar los mismos equipos se realizó un solo cálculo:  $B L$

—————

#### 5.3.3.2. Pérdida por conectores

Para todos los enlaces se utilizaran dos conectores uno para el transmisor y el otro para la antena, el cálculo es el siguiente:

#### 5.3.3.3. Pérdida total por cada línea

Sería la pérdida de la línea sumada a la pérdida por conectores, dando como resultado:

#### 5.3.3.4. Pérdida en el espacio libre (PEL)

La mayor parte de la potencia de la señal de radio se perderá en el aire, aún en el vacío, una onda de radio pierde energía que se irradia en direcciones diferentes a la que puede capturar la antena receptora. La Pérdida en el Espacio libre es proporcional al cuadrado de la distancia y también es proporcional al cuadrado de la frecuencia. El cálculo de esta pérdida en decibeles resulta de la siguiente ecuación:

. Ec. 3

Donde, F es .la frecuencia y D la distancia. A continuación se procede a calcular la pérdida en el espacio libre de cada uno de los enlaces de la plataforma alternativa:

§ Enlace estación Potrerito – N53, tiene una distancia de 47,28 Km. Usando la ecuación 3, para este enlace resultado:

§ Enlace estación N53 – Chorore, posee una distancia de 44,69 Km. Usando la ecuación 3, para este enlace resultado:

§ Enlace estación Chorore – El Chivo, tiene una distancia de 35,01 Km. Usando la ecuación 3, para este enlace resultado:

#### 5.3.3.4. Potencia entregada a la antena

Esta potencia es la entregada por el transmisor menos las atenuaciones causadas por las líneas de transmisión y los conectores en ella. Su ecuación es:  $PEA = 10\log(P_{tx}) - LLB$ . Ec. 4.

Para el diseño de este proyecto, por ser la configuración de equipos igual en los tres sistemas, usando la ecuación 4 se estableció el cálculo para las mismas en:

$$PEA = 10\log(0,501w) - 1,11\text{dB} = -4,11 \text{ dBw.}$$

PEA

### 5.3.3.5. Potencia Efectiva Radiada (PER)

La potencia radiada por una antena con la dirección marcada por la misma, se calcula al multiplicar la potencia del transmisor que alimenta a la antena (PEA) por la ganancia en potencia (Gtx) en la antena, en decibeles queda:

$$PER = PEA + Gtx \text{ dBd. Ec. 5.}$$

Igualmente como en el cálculo anterior, al ser utilizado los mismos equipos para el sistema se calcula esta potencia una sola vez. La ganancia de la antena se debe convertir a dBd:

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

$$\text{dBd} = 34 \text{ dBi} - 2,15 = 31,85 \text{ dBd.}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 5, resulta:

$$PER = -4,11 \text{ dBw} + 31,85$$

$$PER = 27,74 \text{ dBw}$$

$$PER \text{ en Vatios} =$$

$$PER \text{ en dBm} = 31,85 \text{ dBw} + 30 = 61,85 \text{ dBm.}$$

### 5.3.3.6. Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE)

Es la energía transmitirá hacia el receptor, si se asume que la señal esta irradiada igualmente en todas las direcciones, es decir, como una onda esférica que emana de una fuente del punto. Se calculó con la siguiente ecuación:

$$PIRE = 10\log(Ptx) + Gtx - LLB. \text{ Ec. 6.}$$

Este cálculo es válido para los tres enlaces que se están evaluando puesto que utilizan los mismos equipos, por lo que sustituyendo los valores en la ecuación 5, se obtuvo:

$$PIRE = 10\log(0,501\text{w}) + 34 \text{ dBi} - 1,11 \text{ dB}$$

$$PIRE = 29,88 \text{ dB}$$

$$PIRE \text{ en Vatios} =$$

### 5.3.3.7. Campo eléctrico E (dBμV/m)

El campo eléctrico es una medida que predice el voltaje y potencia recibida esperada a la entrada del receptor en el recorrido del enlace dado. Su cálculo se realizó de la siguiente forma:

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

$$P \text{ (dBm)} = E \text{ (dB}\mu\text{V/m)} + G_{rx}(\text{dBi}) - 20\log(\text{frecuencia en Mhz}) - 77,2. \text{ Ec. 8.}$$

Para este cálculo, puesto que, se utiliza la distancia se tiene que utilizar separadamente para cada uno de los enlaces de la plataforma alternativa.

§ Enlace Estación Potrerito – N53, tiene una distancia de 47,28 Km, utilizando la ecuación 7, para este enlace resultó:

$$E \text{ (dB}\mu\text{V/m)} = 61,85 - 20\log(47,28) + 38,7 = 67,056 \text{ (dB}\mu\text{V/m)}$$

Para el nivel de potencia en referencia al campo eléctrico expresado en dBm se aplica la ecuación 8, teniendo como resultado:

$$P \text{ (dBm)} = 67,056 + 34 - 20\log(5650) - 77,2$$

$$P \text{ (dBm)} = -20,108 \text{ dBm.}$$

§ Enlace Estación N53 - Chorore, tiene una distancia de 44,69 Km, utilizando la ecuación 7, para este enlace resultó:

$$E \text{ (dB}\mu\text{V/m)} = 61,85 - 20\log(44,69) + 38,7 = 67,545 \text{ (dB}\mu\text{V/m)}$$

Para el nivel de potencia en referencia al campo eléctrico expresado en dBm se aplica la ecuación 8, teniendo como resultado:

$$P \text{ (dBm)} = 67,545 + 34 - 20\log(5650) - 77,2$$

$$P \text{ (dBm)} = -50,695 \text{ dBm.}$$

§ Enlace Estación Chorore – El Chivo, tiene una distancia de 35,01 Km, utilizando la ecuación 7, para este enlace resultó:

$$E \text{ (dB}\mu\text{V/m)} = 61,85 - 20\log(35,01) + 38,7 = 69,666 \text{ (dB}\mu\text{V/m)}$$

Para el nivel de potencia en referencia al campo eléctrico expresado en dBm se aplica la ecuación 8, teniendo como resultado:

$$P \text{ (dBm)} = 69,666 + 34 - 20\log(5650) - 77,2$$

$$P \text{ (dBm)} = -42,57 \text{ dBm.}$$

### **5.3.3.8. Margen de desvanecimiento**

El margen de desvanecimiento es un dato de atenuación que va incluido en la ecuación de ganancia del sistema, que considera las características no ideales y menos predecibles de la propagación de ondas de radio, como la propagación de múltiples trayectorias (pérdida de múltiples trayectorias) y sensibilidad a superficie rocosa. Su ecuación de describe a continuación:

$$F_m \text{ (dB)} = 30 \log D + 10 \log(6 \times A \times B \times F) - 10 \log(1-R) - 70. \text{ Ec. 9}$$

D: Distancia del transmisor al objetivo, en Km.

F: Frecuencia de la portadora Ghz.

R: Objetivo de confiabilidad de la transmisión, en formato decimal.

#### **A – Factor de Rugosidad de Terreno**

4,00 espejos de agua, ríos muy anchos, etc.

3,00 sembrados densos, pastizales, arenales

2,00 bosques (la propagación va por encima)

1,00 terreno normal

0,25 terreno rocoso (muy) desparejo

#### **B – Factor de Análisis climático anual (del tipo promedio, anualizado)**

1,000 área marina o condiciones de peor mes

0,500 prevalecen áreas calientes y húmedas

0,250 áreas mediterráneas de clima normal

0,125 áreas montañosas de clima seco y fresco

Por lo tanto, para este diseño se tomaron como factor de rugosidad de terreno = 0,25 y el factor de análisis climático anual = 1, debido a que para el margen se toma en cuenta la distancia, se realizó los cálculos por separado de la siguiente manera:

§ Enlace Estación Potrerito – N53, tiene una distancia de 44,28 Km, usando la ecuación 9, este enlace resultó:

$$Fm \text{ (dB)} = 30 \log(47,28) + 10 \log(6 \times 0,25 \times 1 \times 5,650) - 10 \log(1-0,9999) - 70$$

$$Fm \text{ (dB)} = 29,52 \text{ dB.}$$

§ Enlace Estación N53 - Chorore, tiene una distancia de 44,28 Km, usando la ecuación 9, este enlace resultó:

$$Fm \text{ (dB)} = 30 \log(44,69) + 10 \log(6 \times 0,25 \times 1 \times 5,650) - 10 \log(1-0,9999) - 70$$

$$Fm \text{ (dB)} = 28,78 \text{ dB.}$$

§ Enlace Estación Chorore – El Chivo, tiene una distancia de 35,01 Km, usando la ecuación 9, este enlace resultó:

$$Fm \text{ (dB)} = 30 \log(35,01) + 10 \log(6 \times 0,25 \times 1 \times 5,650) - 10 \log(1-0,9999) - 70$$

$$Fm \text{ (dB)} = 25,61 \text{ dB.}$$

### 5.3.3.9. 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 utilizó la siguiente ecuación:

$$Prx = Ptx + Gtx + Grx - LLBTx + LLBRx - PEL - Fm. \text{ Ec. 10.}$$

$$\text{Dónde: } LLBTx = LLBRx = 1,11 \text{ dB}$$

Para el cálculo en este diseño, la potencia percibida por el receptor se realizó para cada uno de los enlaces por separado, debido a que el margen de desvanecimiento y pérdida por el espacio libre es propio de cada enlace, esto resultó:

§ Enlace estación Potrerito – N53, el margen de desvanecimiento para este sistema es de  $F_m = 29,52$  dB y su pérdida por el espacio libre  $PEL = 140,93$  dB utilizando la ecuación 10, para este enlace resultó:

$$\begin{aligned} Prx &= 27 \text{ dBm} + 34 \text{ dBi} + 34 \text{ dBi} - 1,11 \text{ dB} - 1,11 \text{ dB} - 140,93 \text{ dB} - 29,52 \text{ dB} \\ Prx &= -77,67 \text{ dBm}. \end{aligned}$$

§ Enlace estación N53 - Chorore, el margen de desvanecimiento para este sistema es de  $F_m = 28,78$  dB y su pérdida por el espacio libre  $PEL = 140,44$  dB utilizando la ecuación 10, para este enlace resultó:

$$\begin{aligned} Prx &= 27 \text{ dBm} + 34 \text{ dBi} + 34 \text{ dBi} - 1,11 \text{ dB} - 1,11 \text{ dB} - 140,44 \text{ dB} - 28,78 \text{ dB} \\ Prx &= -76,44 \text{ dBm}. \end{aligned}$$

§ Enlace estación N53 - Chorore, el margen de desvanecimiento para este sistema es de  $F_m = 25,61$  dB y su pérdida por el espacio libre  $PEL = 138,32$  dB utilizando la ecuación 10, para este enlace resultó:

$$\begin{aligned} Prx &= 27 \text{ dBm} + 34 \text{ dBi} + 34 \text{ dBi} - 1,11 \text{ dB} - 1,11 \text{ dB} - 138,32 \text{ dB} - 25,61 \text{ dB} \\ Prx &= -71,15 \text{ dBm}. \end{aligned}$$

### 5.3.3.10. Margen dinámico

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

$$D_m = Prx - C_{min}. \text{ Ec. 11}$$

El cálculo del margen dinámico se realizó por separado en cada enlace debido a que la potencia recibida es diferente y la sensibilidad de recepción es la misma para todo el sistema siendo  $C_{min} = -90$  dB donde se obtuvo:

§ Enlace estación Potrerito – N53, cuya potencia de recepción  $P_{rx} = -77,67$  dBm, utilizando la ecuación 11, para este enlace resultó:

$$D_m = -77,67 \text{ dBm} - (-90 \text{ dBm}) = 12,33 \text{ dB}.$$

§ Enlace estación Potrerito – N53, cuya potencia de recepción  $P_{rx} = -76,44$  dBm, utilizando la ecuación 11, para este enlace resultó:

$$D_m = -76,44 \text{ dBm} - (-90 \text{ dBm}) = 13,56 \text{ dB}.$$

§ Enlace estación Potrerito – N53, cuya potencia de recepción  $P_{rx} = -71,15$  dBm, utilizando la ecuación 11, para este enlace resultó:

$$D_m = -71,15 \text{ dBm} - (-90 \text{ dBm}) = 18,85 \text{ dB}.$$

### 5.3.3.11. Ganancia del sistema

Se dice que el sistema tiene ganancia cuando se cumple la siguiente igualdad:

Ganancia del sistema = ganancia > pérdidas.

$$G_s = P_{tx} - C_{min} > F_m + PEL + LLBT_x + LLBR_x - G_{tx} - G_{rx}. \text{ Ec. 12}$$

Se calcularon para cada enlace por separado la ganancia del sistema, obteniendo como resultado:

§ Enlace estación Potrerito – N53, tiene una margen de desvanecimiento  $F_m = 29,52$  dB, potencia de transmisión  $P_{tx} = 27$  dBm y su pérdida del espacio libre  $PEL = 140,93$  dB, usando la ecuación 12, para este enlace resultó:

$$\text{Pérdidas} = F_m + PEL + LLBT_x + LLBR_x - G_{tx} - G_{rx}$$

$$\text{Pérdidas} = 29,52 \text{ dB} + 140,93 \text{ dB} + 1,11 \text{ dB} + 1,11 \text{ dB} - 34 \text{ dBi} - 34 \text{ dBi}$$

$$\text{Pérdidas} = 104,67 \text{ dBm}$$

$$\text{Ganancias} = P_{tx} - C_{min} = 27 \text{ dBm} - (-90)$$

$$\text{Ganancias} = 117 \text{ dBm}$$

$$G_s = 117 \text{ dBm} > 107,67 \text{ dBm}$$

§ Enlace estación N53 – Chorore, tiene una margen de desvanecimiento  $F_m = 28,78$  dB, potencia de transmisión  $P_{tx} = 27$  dBm y su pérdida del espacio libre  $PEL = 140,44$  dB, usando la ecuación 12, para este enlace resultó:

$$\text{Pérdidas} = F_m + PEL + LLBT_x + LLBR_x - G_{tx} - G_{rx}$$

$$\text{Pérdidas} = 28,78 \text{ dB} + 140,44 \text{ dB} + 1,11 \text{ dB} + 1,11 \text{ dB} - 34 \text{ dBi} - 34 \text{ dBi}$$

$$\text{Pérdidas} = 103,44 \text{ dBm}$$

$$\text{Ganancias} = P_{tx} - C_{min} = 27 \text{ dBm} - (-90)$$

$$\text{Ganancias} = 117 \text{ dBm}$$

$$G_s = 117 \text{ dBm} > 103,44 \text{ dBm}$$

§ Enlace estación Chorore El Chivo, tiene un margen de desvanecimiento  $F_m = 25,61$  dB, potencia de transmisión  $P_{tx} = 27$  dBm y su pérdida del espacio libre PEL = 138,32 dB, usando la ecuación 12, para este enlace resultó:

$$\text{Perdidas} = F_m + \text{PEL} + LLBT_x + LLBR_x - G_{tx} - G_{rx}$$

$$\text{Perdidas} = 25,61 \text{ dB} + 1438,32 \text{ dB} + 1,11 \text{ dB} + 1,11 \text{ dB} - 34 \text{ dBi} - 34 \text{ dBi}$$

$$\text{Perdidas} = 98,15 \text{ dBm}$$

$$\text{Ganancias} = P_{tx} - C_{min} = 27 \text{ dBm} - (-90)$$

$$\text{Ganancias} = 117 \text{ dBm}$$

$$G_s = 117 \text{ dBm} > 98,15 \text{ dBm}$$

Luego de concluir los cálculos matemáticos, los cuales arrojaron una proyección estimada del comportamiento del sistema de telecomunicaciones y del balance de potencia del mismo, se puede destacar que se comenzó por seleccionar una frecuencia promedio de 5650 Mhz para la realización de todos los cálculos puesto que el comportamiento de la misma, no va a diferir en gran magnitud de la escogencia final de las frecuencias de trabajo en el rango establecido por el fabricante del transmisor. Para este sistema, las pérdidas asociadas tanto a las líneas como a los conectores son realmente bajas, esto debido a que las unidades o radios de transmisión y recepción son sistemas Outdoor o ODU (unidades de exteriores) que van acoplados directamente a las antenas por medios de path cord o cables de una longitud no mayor de 30 cm, generando de esta manera, reducir en gran medida las pérdidas antes mencionadas.

La potencia de recepción tiene un aceptable margen dinámico, con el cual puede trabajar el sistema aun así con su peor condición que fue la planteada en los cálculos antes realizados para así darle confiabilidad a este sistema de que recibirá esa potencia. Logrando que exista una comunicación efectiva entre las unidades involucradas en toda la plataforma alternativa requerida, que será ubicada en la misma localidad donde se encuentra la plataforma principal de transmisión de datos que funciona actualmente.

### 5.3.4. Valores comparativos entre simulados y teóricos

Tabla 5. Comparación de los cálculos teóricos con los simulados  
Para el enlace Potrerito – N53

<b>Indicador</b>	<b>Teóricos</b>	<b>Simulado</b>
PIRE	972,75 W/ 29,88 dB	972,75 W/ 29,88 dB
PER	594,29 W	594,29 W
PEL	140,93dB	140,93dB
NIVEL Rx	-77,67 dBm.	-53,9 dBm
Rx Relativo	12,33 dB	36,1 dB
Campo E	67,056 dB $\mu$ V/m	65,4 dB $\mu$ V/m

**Fuente.** Autor.

Tabla 6. Comparación de los cálculos teóricos con los simulados  
Para el enlace N53 – Chorore

<b>Indicador</b>	<b>Teóricos</b>	<b>Simulado</b>
PIRE	972,75 W/ 29,88 dB	972,75 W/ 29,88 dB
PER	594,29 W	594,29 W
PEL	140,44 dB	140,44dB
NIVEL Rx	-76,44 dBm	-53,4 dBm
Rx Relativo	13,56 dB	36,6 dB
Campo E	67,545 dB $\mu$ V/m	66,0 dB $\mu$ V/m

**Fuente.** Autor

Tabla 7. Comparación de los cálculos teóricos con los simulados

Para el enlace Chorore – El Chivo

<b>Indicador</b>	<b>Teóricos</b>	<b>Simulado</b>
PIRE	972,75 W/ 29,88 dB	972,75 W/ 29,88 dB
PER	594,29 W	594,29 W
PEL	138,32 dB	138,32 dB
NIVEL Rx	-71,15dBm	-52,6 dBm
Rx Relativo	18,85 dB	37,4 dB
Campo E	69,666 dB $\mu$ V/m	66,8 dB $\mu$ V/m

**Fuente.** Autor

Teniendo en consideración los resultados tanto teóricos como simulados en las tablas 5, 6 y 7 se puede apreciar que una de las columnas corresponde a los valores obtenidos mediante cálculos matemáticos, y otra de ellas para el resultado de las simulaciones, con el objetivo de compararlos. La razón por la cual, tanto en la tabla 5, como en la tabla 6 y la tabla 7, se tabulan los resultados obtenidos para la potencia de recepción, pérdidas por propagación en el espacio libre y pérdidas en general, debido a que estos son los parámetros en torno a los cuales gira el cálculo del presupuesto de enlace y ganancia del sistema. Cabe destacar que, la ganancia de estas evaluaciones esta predeterminada al valor dado por los equipos a utilizar y no por los fenómenos climáticos, geográficos y otros.

Algunas de las diferencias encontradas, entre los cálculos matemáticos y simulados, se debe a que se implementa el margen de desvanecimiento el cual envuelve fenómenos difíciles de predecir para la simulación, así como aspectos de efecto multitrayectoria.

Para los tres enlaces se utilizaron dos tipos de estimaciones de desvanecimiento, en el caso de la simulación el programa Radio Mobile utiliza el modelo de propagación Longley-Rize, el cual es un método estadístico de calcular el desvanecimiento en las zonas donde se realicen los enlaces; el otro tipo de estimación fue el margen de desvanecimiento el cual se

utilizó para realizar los cálculos teóricos planteado en el punto 5.3.3.8. Esto conlleva a la diferencia en la potencia recibida, puesto que, se utilizó la peor consideración en el margen de desvanecimiento para obtener la mínima potencia recibida que pueda alcanzar el enlace.

Por utilizar una frecuencia media de 5600 Mhz entra en la considerada banda libre con respecto a los términos que dicta la comisión nacional de telecomunicaciones CONATEL. Debido a las locaciones de las estaciones de telecomunicaciones no se realizó un estudio de interferencia y tampoco se efectuó un survey de las frecuencias en el área, puesto que, en dicha zona no se encuentra otro tipo de empresa la cual haga interferencia o que esté utilizando la misma frecuencia que se va a utilizar a lo largo de los tres enlaces.

## CONCLUSIONES

Las comunicaciones inalámbricas siguen siendo las predilectas a la hora de establecer una conexión a distancia entre dos puntos, donde sistemas cableados de interconexión no pueden ofrecer apoyo necesario para cumplir con las exigencias que tienen ciertas localidades geográficas. En el caso del área operacional Altagracia de Orituco de la empresa PDVSA GAS, a pesar de que contaba con una plataforma inalámbrica de transmisión de datos, se previó que por la obsolescencia de los equipos, la falta de un back-up de respaldo y la carencia de repuestos para contrarrestar alguna falla que pueda ocurrir en cualquier momento, no se puedan mantener los servicios en funcionamiento. Con este fundamento se realizó un estudio donde se determinó si esto era posible y que mecanismos pudiera llevar a cabo para cumplir dicho cometido.

Luego de haber detectado las fallas e identificarlas, se realizó el análisis correspondiente de cómo y qué aspecto se podría mejorar dicha situación para la cual se obtuvieron y estudiaron las mediciones oportunas del caso, concluyendo que una creación de una plataforma alternativa a la actual era beneficiosa para eludir todos los inconvenientes.

De esta manera, se propuso hacer un diseño que mejorara de gran manera toda la problemática existente y a futuro, comenzando con el estudio de nuevos equipos de última generación de fácil instalación, manejo amigable y bajo mantenimiento. Con la ayuda del software Radio Mobile se simuló todas estas nuevas condiciones, con su pertinente verificación matemática de todas las variables involucradas en el desarrollo de enlaces punto a punto y para frecuencias de microondas. Determinando satisfactoriamente que, todo lo seleccionado para formar parte de la nueva plataforma de transmisión de datos se comportaría como se esperaba en los cálculos y en las tablas descriptivas de los equipos seleccionados para tal fin.

En consecuencia, surgen tres nuevos enlaces que permitirá la comunicación efectiva en el área operacional Altagracia de Orituco el cual forma parte de la red troncal Nurgas Oriente, el cual es necesario mantener en constante funcionamiento previniendo todo tipo de fallas.

Se concluye que este estudio es factible para la empresa, teniendo en consideración los costos, facilidad de manejo de los equipos y de fácil implementación.

## RECOMENDACIONES

Con el propósito de mantener el sistema en buen funcionamiento y para futuras ampliaciones del mismo se conciben las siguientes recomendaciones para la empresa PDVSA GAS:

- § Se les recomienda a la empresa PDVSA GAS, Implementar la propuesta del diseño de la plataforma alternativa de transmisión de datos, que se encuentra en este trabajo de investigación.
- § También la instalación de una nueva plataforma con equipos carrier class de última generación que trabaje con una frecuencia licitada, evitando inconvenientes con el órgano regulador de telecomunicaciones CONATEL en sus leyes para utilizar el recurso no renovable que es el espectro radioeléctrico, se puede utilizar la misma que se utilizaba para la plataforma principal que aún sigue en funcionamiento.
- § Equipar al sistema de un back-up de redundancia para evitar futuros inconvenientes con interrupciones del servicio.
- § Mejorar la seguridad de las estaciones de telecomunicaciones, utilizando equipos de vigilancia y sistemas de seguridad, cercados eléctricos, cámaras de seguridad, resguardando las estaciones ante cualquier circunstancia delictiva.
- § Se deben realizar manuales de procedimiento para el mantenimiento, cuidado y manipulación de los equipos por parte del personal encargado para este fin.
- § Se les aconseja vehículos rústicos 4x4 para poder acceder a las estaciones que están ubicadas en puntos montañosos con una gran dificultad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Impresas

Fidias G. Arias (2006). **El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica**. Editorial Episteme

Wayne Tomasi (2003). **Sistemas de Comunicaciones Electrónicas**. 4ta Edición

### Electrónicas

García F. (2013). **Adecuación de la red de voz y datos en el área de alquiler de la refinería el Palito-PDVSA**". [Trabajo de grado en línea]. Consultado el 16 de mayo de 2017 en:

<https://bibliovirtualujap.files.wordpress.com/2013/05/teg-francis-garcia.pdf>

Díaz R. (2015). **“Diseño de radioenlace microondas Isla San Lorenzo-Campus PUCP para el proyecto Perú magneto”**. [Trabajo de grado en línea]. Consultado el 18 de mayo de 2017 en:

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/7038>

**“Implementación de enlace última milla para la nueva sede de la empresa servidica ubicada en la zona industrial castillito”** Chávez C. (2014). [Trabajo de grado en línea]. Consultado el 16 de mayo de 2017 en:

<https://bibliovirtualujap.files.wordpress.com/2013/05/carlos-e-chc3a1vez-v.pdf>

**Re-Diseño del arreglo de antenas “Back-to-Back” del radioenlace de microondas entre las estaciones de San Juan y Chiriboga, del S.O.T.E en la banda de 7 GHz,** Chicaiza P. (2012).[Trabajo de grado en línea]. Consultado el 16 de mayo de 2017 en:

<http://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=11254>

**Radios Rocket M5 Ubiquiti**. [Documento en línea]. Consultado el 25 de mayo de 2017 en:

<https://www.ubnt.com/airmax/rocketm/>

**Polarización vertical de una antena**. [Documento en línea]. Consultado el 28 de mayo de 2017 en:

<http://itscelectronicab.blogspot.com/2010/05/antena-de-recepcion-de-tv.html>

**Polarización Horizontal de una antena.** [Documento en línea] Consultado el 28 de mayo de 2017 en>

<http://itscelectronicab.blogspot.com/2010/05/antena-de-recepcion-de-tv.html>

**Antenas Rocket Dish Ubiquiti.** [Documento en línea]. Consultado el 25 de mayo de 2017 en:

[https://dl.ubnt.com/datasheets/rocketdish/rd\\_ds\\_web.pdf](https://dl.ubnt.com/datasheets/rocketdish/rd_ds_web.pdf)

**Absorción atmosférica de las ondas electromagnéticas.** [Documento en línea]. Consultado el 1 de noviembre de 2017 en:

<http://propagaciondeondascom1.blogspot.com/2012/11/atenuacion-y-absorcion-de-ondas.html>

**Refracción en una frontera plana entre dos medios.** [Documento en línea]. Consultado el 1 de noviembre de 2017 en:

<https://septimosemestre3.weebly.com/>

**Reflexión electromagnética en una frontera plana entre dos medios.** [Documento en línea] Consultado el 1 de noviembre de 2017 en:

<http://fabian-ondaselectromagneticas.blogspot.com/2009/03/reflexion.html>

**Difracción de ondas electromagnéticas.** [Documento en línea] Consultado el 1 de noviembre de 2017 en:

<http://redesunoglv.blogspot.com/p/redes-inalambricas.html>

**Interferencia de las ondas electromagnéticas.** [Documento en línea] Consultado el 1 de noviembre de 2017 en:

<http://fabian-ondaselectromagneticas.blogspot.com/>

**Perspectiva de corte de una guía de ondas rectangular.** [Documento en línea] Consultado el 1 de noviembre de 2017 en:

<http://luisalvomicroondasii.blogspot.com/>

**Modos normales de propagación de ondas.** [Documento en línea] Consultado el 1 de noviembre de 2017 en:

<https://teojhonn.wordpress.com/2010/06/12/ondas-de-radio-y-frecuencias/>

**Propagación de ondas terrestres.** [Documento en línea]. Consultado el 1 de noviembre de 2017 en:

**Propagación de ondas espaciales.** [Documento en línea]. Consultado el 1 de noviembre de 2017 en:

<http://1.bp.blogspot.com/->

[FrfCd3UkYrE/UOuEyZgUODI/AAAAAAAAAVA/ojLndCjuzys/s1600/02.JPG](http://1.bp.blogspot.com/-FrfCd3UkYrE/UOuEyZgUODI/AAAAAAAAAVA/ojLndCjuzys/s1600/02.JPG)

**Capas ionosféricas.** [Documento en línea]. Consultado el 1 de noviembre de 2017 en:

# **ANEXOS**

## ANEXO A - Especificaciones radio Rocket M5

### Specifications

05

System Information		
Processor Specs	Atheros MIPS 248C, 400MHz	
Memory Information	64MB SDRAM, 8MB Flash	
M		
M GPS		
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet	2 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet

Regulatory / Compliance Information			
M100, M2, M5, M2 GPS, M5 GPS		M3	M3G5, M3G5 GPS
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE	-	FCC Part 107
RoHS Compliance	YES		

Physical / Electrical / Environmental		
Enclosure Size	17 x 8 x 3cm (length, width, height)	
Weight	0.5kg	
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic	
Mounting Kit	Pole Mounting Kit included	
Power Supply	24V, 1A POE Supply included	
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4, 5+; 7, 8 return)	
Operating Temperature	-30C to 75C	
Operating Humidity	5 to 95% Condensing	
Shock and Vibration	ETS100-019-1.4	
M		
M GPS		
RF Connector	2x RP-SMA (Waterproof)	2x RP-SMA and 1x SMA (Waterproof)
M (Except M5), M GPS (Except M5 GPS)		M5, M5 GPS
Max Power Consumption	6.5 Watts	8 Watts

Compatible Antennas				
M100	M2, M2 GPS	M3	M3G5, M3G5 GPS	M5, M5 GPS
AirMax Sector 900M-13-120	AirMax Sector 2G-16-90 2G-15-120	AirMax Sector 3G-18-120	AirMax Sector 3G-18-120	AirMax Sector 5G-17-90 5G-16-120 5G-20-90 5G-19-120
	Rocket Dish 2G-24	Rocket Dish 3G-26	Rocket Dish 3G-26	Rocket Dish 5G-30 5G-34

## ANEXO B – Especificaciones antena Rocket Dish 34 dBi.

### Specifications

Antenna Characteristics					
Model	RD-2G24	RD-3G26	RD-5G30	RD-5G30-LW	RD-5G34
Dimensions*	650 x 650 x 295 mm (25.6 x 25.6 x 11.61")	650 x 650 x 300 mm (25.6 x 25.6 x 11.81")	650 x 650 x 304 mm (25.6 x 25.6 x 11.97")	650 x 650 x 336 mm (25.6 x 25.6 x 13.2")	1050 x 1050 x 421 mm (41.34 x 41.34 x 16.57")
Weight**	9.8 kg (21.61 lb)	9.8 kg (21.61 lb)	9.8 kg (21.61 lb)	7.4 kg (16.31 lb)	13.5 kg (29.76 lb)
Frequency Range	2.3 - 2.7 GHz	3.3 - 3.8 GHz	4.9 - 5.8 GHz	5.1 - 5.9 GHz	4.9 - 5.8 GHz
Gain	24 dBi	26 dBi	4.9 GHz: 26 dBi 5 - 5.9 GHz: 30 dBi	30 dBi	4.9 GHz: 30 dBi 5 - 5.8 GHz: 34 dBi
HPOL Beamwidth	6.6° (3 dB)	7° (3 dB)	5° (3 dB)	5.8° (3 dB)	3° (3 dB)
VPOL Beamwidth	6.8° (3 dB)	7° (3 dB)	5° (3 dB)	5.8° (3 dB)	3° (3 dB)
F/B Ratio	28 dB	33 dB	34 dB	30 dB	42 dB
Max. VSWR	1.6:1	1.4:1	1.4:1	1.6:1	1.4:1
Wind Loading	787 N @ 200 km/h (177 lbf @ 125 mph)			790 N @ 200 km/h (178 lbf @ 125 mph)	1,779 N @ 200 km/h (400 lbf @ 125 mph)
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)				
Polarization	Dual-Linear				
Cross-pol Isolation	35 dB Min.				
ETSI Specification	EN 302 326 DN2				
Mounting	Universal Pole Mount, Rocket Bracket, and Weatherproof RF Connectors Included				

\* Dimensions exclude pole mount and Rocket (Rocket sold separately)

\*\* Weight includes pole mount and excludes Rocket (Rocket sold separately)