



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

**DISEÑO DE ENLACE MICROONDAS DEDICADO PARA
COMUNICACIONES ENTRE PUERTO CARENERO
(HIGUEROTE) Y LA ISLA LA TORTUGA.**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentada ante la

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR

Martin Hernández, Carlos Eduardo

Mendoza González, José Alejandro

PROFESOR GUIA

Díaz, Luciano

FECHA

28 de Septiembre de 2010

RESUMEN

En busca promover el desarrollo del turismo ecológico en Venezuela, se plantea la iniciativa de hacer de la isla de La Tortuga, estado Miranda, un destino turístico de primera en Venezuela y el mundo. Dentro de este proyecto se encuentra por propia motivación nuestro trabajo especial de grado, respondiendo al problema comunicacional entre este remoto lugar y la red nacional. Se diseñará un enlace microondas dedicado para comunicaciones entre Puerto Carenero específicamente desde Cabo Codera (entre otras razones porque la isla está bajo la responsabilidad de la capitanía de Puerto Carenero) y La Tortuga. Lo que en conjunto con los demás proyectos como proveer de agua potable, energía e infraestructura a la isla, que esperamos sean iniciativas generadas en parte por este proyecto, con el que esperamos compartir nuestra visión. Los objetivos de este proyecto son el diseño de un enlace funcional, fiable, escalable y dedicado entre estos dos puntos separados por 85 km de agua.

Dichos objetivos fueron logrados con la aplicación de una Metodología basada en, una primera fase de Investigación Teórica, una segunda fase de Recolección de datos principales de la zona de estudio, un análisis de los datos recolectados y selección de la tecnología sobre la cual se basaría el enlace. Una fase de Diseño basado en el *software* RADIOMOBILE; y por último la realización de un estudio económico, para dar idea al que se pueda interesar en el proyecto de cuánto podría costar. Como resultado de lo antes escrito se logró plantear un diseño con una topología punto a punto.

Son conclusiones principales de este proyecto que el enlace diseñado resulte escalable a la vez de ser económico y cuente con capacidad para proveer los servicios más importantes de una red de comunicaciones actual. Basados en todo el estudio realizado a la zona también se concluye que al proveer de comunicaciones a la isla, producirá un impacto positivo para la población de la zona, proporcionándoles grandes ventajas en el área de la salud, respuesta en emergencias y comunicaciones personales por lo tanto mejorando su calidad de vida.

Palabras Claves: microondas, remoto, enlace, turismo, Tecnologías.

INDICE GENERAL

RESUMEN	i
INDICE GENERAL	ii
INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
INTRODUCCION.....	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	3
I.1. Planteamiento de Problema	3
I.2. Justificación.....	3
I.3. Objetivos.....	4
I.3.1 Objetivo General:	4
I.3.2 Objetivos Específicos:	4
I.4. Alcances y limitaciones.....	4
II.MARCO TEORICO	7
II.1. La Isla de La Tortuga.....	7
II.2. Energía.....	10
II.2.1 Energía renovable	10
II.2.2 Energías no renovables.....	11
II.2.3 Energía eléctrica	11
II.2.4 Energía del mar.....	12
II.2.5 Energía eólica	13
II.2.6 Energía Solar	13
II.2.7 Funcionamiento de un panel Fotovoltaico	16
II.2.8 La célula fotovoltaica	17
II.3. Teoría de Redes y Teoría de Ondas.....	19

II.3.1	Red de Acceso.....	19
II.3.2	Enlaces Satelitales.....	19
II.3.3	Antenas de redes inalámbricas.....	24
II.3.4	Antenas omnidireccionales.....	24
II.3.5	Antenas sectoriales.....	25
II.4.	Redes de Transporte.....	25
II.4.1	FDM.....	26
II.4.2	TDM.....	26
II.4.3	OFDM.....	26
II.5.	Evaluación de la tecnología.....	27
II.6.	Teoría electromagnética.....	28
II.6.1	Onda electromagnética.....	28
II.6.2	Radioenlaces de Microondas.....	28
II.6.3	Longitud onda.....	29
II.6.4	Elipsoides de Fresnel.....	29
II.6.5	Estación repetidora.....	29
II.7.	Antenas para microondas.....	30
II.7.1	Antenas isotrópicas.....	30
II.7.2	Dipolo de Hertz.....	30
II.7.3	Antena parabólica.....	30
II.7.4	Foco centrado.....	31
II.7.5	Foco desplazado u offset.....	31
II.7.6	Cassegrain.....	31
II.8.	Métodos de diversidad.....	31
II.8.1	Diversidad de espacio.....	31

II.8.2	Diversidad de frecuencia	32
II.8.3	Diversidad combinada	32
II.8.3.1	Diversidad combinada híbrida.	32
II.8.3.2	Diversidad combinada completa	33
III.	METODOLOGIA.....	35
IV.	DESARROLLO.....	39
IV.1.	Fase 1. Investigación v documentación.....	39
IV.2.	Fase 2. Análisis, recolección de datos y previsiones.....	42
IV.3.	Fase 3. Diseño, comprobación y mejora.....	44
V.	RESULTADOS Y ANALISIS	47
V.1.	Resultados de la fase 1.....	47
V.1.1	Resultados de los beneficios de realizar el enlace.....	47
V.1.1.1	Beneficios en el sector de turismo.....	47
V.1.1.2	Beneficios en el sector militar v ecológico.	48
V.1.1.3	Beneficios en el sector técnico y económico.	49
V.1.2	Resultados del estudio geográfico.	50
V.1.3	Resultados de los aspectos legales concernientes a la investigación.....	51
V.2.	Resultados fase 2.	52
V.2.1	Análisis de esquemas propuestos.	52
V.3.	Resultados fase 3.	57
V.3.1	Diseño esquemático del enlace y capacidad.....	57
V.3.2	Calculo y verificación de los enlaces	58
V.3.3	Resultados de equipos.	65
V.3.4	Alimentación de los equipos.	67
V.3.5	Estudio económico.	69

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
VI.1. Conclusiones.....	71
VI.2. Recomendaciones.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS	77
VI.3. Artículo de www.cantv.com.ve	86
VI.4. Situación de la Armada Venezolana en La Tortuga.....	89

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Equipos seleccionados y sus características. Fuente propia</i>	66
<i>Tabla 2. Estimado de los consumos en cada radiobase. Fuente propia</i>	67
<i>Tabla 3. Equipos del sistema fotovoltaico. Fuente propia</i>	69
<i>Tabla 4. Presupuesto de Equipos. Fuente propia</i>	70

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2. Enlace directo Higuierote-La Tortuga. Fuente propia. Radio Mobile</i>	<i>54</i>
<i>Figura 3. Enlace Carenero-Higuierote-Cabo Codera-La Tortuga. Fuente propia. Radio Mobile.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 4. Enlace Carenero-Cabo Codera-La Tortuga. Fuente propia. Radio Mobile</i>	<i>56</i>
<i>Figura 5. Esquema del enlace completo. Fuente propia.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 6. Enlace funcionando Carenero-Punta Delgada, La Tortuga. Fuente propia. Radio Mobile.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 7. Simulación del enlace Carenero – Cabo Codera. Fuente propia. Radio Mobile</i>	<i>60</i>
<i>Figura 8. Simulación del enlace Cabo Codera-Tortuga 1. Fuente propia. Radio Mobile</i>	<i>62</i>
<i>Figura 9. Simulación del enlace Tortuga 1-Tortuga 2. Fuente propia. Radio Mobile</i>	<i>64</i>
<i>Figura 1. Prueba de enlace directo Carenero-La Tortuga Fuente Propia. Radio Mobile.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura A 1. Vista satelital de Cabo Codera. Fuente Google Earth</i>	<i>78</i>
<i>Figura A 2. Vista satelital de Carenero. Fuente Google Earth</i>	<i>78</i>
<i>Figura A 3. Vista satelital de La Tortuga. Fuente Google Earth.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura A 4. Isla de la Tortuga. Fuente propia.</i>	<i>79</i>
<i>Figura A 5. Isla de la Tortuga. Fuente propia.</i>	<i>80</i>
<i>Figura A 6. Antena en Cabo Codera. Fuente propia.</i>	<i>80</i>
<i>Figura A 7. Radiobase Cabo Codera. Fuente propia.</i>	<i>81</i>
<i>Figura A 8. Antena CANTV en Cabo Codera. Fuente propia.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura A 9. Tendido eléctrico en Cabo Codera Fuente propia.</i>	<i>82</i>
<i>Figura A 10. Antena en Cabo Codera. Fuente propia.</i>	<i>82</i>
<i>Figura A 11. Vista de Carenero desde El Cabo. Fuente propia.</i>	<i>83</i>
<i>Figura A 12. Antenas en El Cabo Codera. Fuente propia.</i>	<i>83</i>
<i>Figura A 13. Aterramiento del Radiofaro en Cabo Codera. Fuente propia.</i>	<i>84</i>
<i>Figura A 14. Radiofaro Cabo Codera. Fuente propia.</i>	<i>84</i>
<i>Figura A 15. Antena CANTV en Higuierote. Fuente propia</i>	<i>85</i>

Figura A 16. Camino al Cabo Codera. Fuente propia. 85

Figura A 17. Comando de Guardacostas de la Armada Venezolana en la Tortuga. Fuente www.armada.mil.ve 89

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el turismo en Venezuela se caracteriza por ser muy rudimentario, de difícil acceso y costoso ya que no se ha invertido en un desarrollo a gran escala que permita abaratar costos para el cliente directo, característico de proyecto concebido a largo plazo. Existen muchas deficiencias en todos los niveles administrativos que afectan la gestión de todos los recursos disponibles, aunado a las condiciones de la infraestructura existentes que en general pertenece a dos rubros, pequeñas empresas familiares y rudimentarias o lujosos hoteles destinados a un turismo extranjero pudiente. La ausencia de seguridad en los traslados y la incertidumbre causada por la desinformación en general que domina todos los aspectos que conciernen al turista como su manutención y traslados, hacen del turismo en Venezuela algo muy difícil o demasiado costoso.

La idea de este proyecto surge de la necesidad de incrementar el desarrollo del sector turístico venezolano, es por esto que se busca a través del diseño de un enlace microondas con la isla de la tortuga generar una solución de interconexión entre tierra firme y esta isla del estado Miranda con gran potencial para el turismo ecológico a gran escala. Por consiguiente este proyecto no puede sobrevivir sin que en un futuro se generen iniciativas en las otras áreas a atender como, suministro de agua, electricidad e infraestructura hotelera y de uso civil.

Este informe está dividido en seis capítulos, su estructura está separada en etapas que recorren la labor realizada en torno a la temática en estudio. El primero es el planteamiento del proyecto, en él se presenta el problema inicial a resolver, adicionalmente se plantean los objetivos generales y específicos que enmarcan el contenido de la investigación, al igual que la justificación. Por último, se indican los alcances de este Trabajo y de qué manera contribuye al desarrollo turístico de La Tortuga.

El cuerpo central inicia con el Marco Referencial, allí se incluyen los conocimientos que dan soporte al diseño del enlace planteado, como conceptos básicos, temas relacionados con la transmisión vía microondas, tecnologías disponibles, un estudio de la zona en cuestión y demás elementos que permitirán la realización del análisis posterior, todo esto bajo el enfoque de mejorar la situación actual del turismo en Venezuela.

Seguidamente se presenta el Marco Metodológico y el Desarrollo del mismo. A lo largo de este capítulo, se describen todos los métodos y procedimientos utilizados para llevar a cabo la investigación, donde se explica detalladamente el desarrollo de los pasos que se siguieron para conseguir resultados satisfactorios, acompañados de las características de las herramientas de simulación que facilitaron la obtención de datos.

El quinto capítulo contiene los Resultados del estudio. Se muestran y analizan todos los resultados obtenidos de las pruebas realizadas de acuerdo a los objetivos planteados inicialmente; comenzando por la obtención y estudio de los nodos que formarían parte de la red, así como el diseño planteado para el enlace principal de Cabo Codera con La Tortuga y la comprobación del mismo. Todo esto acompañado de un análisis de comprobación del enlace, su escalabilidad en el tiempo y un estudio de los costos para su implementación con beneficios futuros.

Finalmente se expone el capítulo de Conclusiones y Recomendaciones, donde se da respuesta al problema planteado y a cada uno de los objetivos desarrollados y analizados en los capítulos anteriores, además de las recomendaciones propuestas para una futura implementación del diseño.

PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

Planteamiento de Problema

Se Diseñará un enlace de microondas dedicado para telecomunicaciones entre tierra firme y la isla de La Tortuga, ubicada a 80 km al noreste de Carenero Higuerote que es el punto más cercano a la costa, que promueva y sirva de soporte al desarrollo turístico de la zona similar al alcanzado por Los Roques pero con ventajas geográficas como la menor distancia a tierra y con mayor espacio utilizable.

El enlace facilitaría la construcción de infraestructura utilitaria y posteriormente proveerá de servicios de comunicación a los trabajadores, residentes y turistas en esta cada vez más visitada isla, que aunque sea ha vuelto popular carece de todos los servicios de agua, comunicación, hospedaje en general, etc. El turismo se ve limitado a un grupo exclusivo de personas pudientes, yatistas y dueños de avionetas privadas, además la población de pescadores que reside en la isla ha aumentado en la última década a quienes un enlace de comunicaciones con tierra firme beneficiaría y daría seguridad. También mencionemos el hecho de la ubicación estratégica de La Tortuga en las costas venezolanas que siendo prácticamente equidistante de zonas como Margarita, Puerto la Cruz, Higuerote y Rió Chico sería una excelente candidata para servir de base repetidora para comunicaciones marítimas con la costa, a lo que Defensa Civil en función de obtener más control sobre las aguas podría encontrar sumamente útil.

Justificación

El enlace microondas dedicado entre La Tortuga y tierra firme, al quedar establecido abiertamente para redes de comunicaciones futuras en este trozo de territorio aislado, dará el primer paso hacia el desarrollo turístico de la isla a gran escala, significando esto indirectamente, cientos de puestos de trabajo e ingresos importantes en esta materia. En un futuro más inmediato podrá ser usado para proveer de comunicación

a los turistas, pescadores y habitantes permanentes de la isla ofreciendo seguridad y mayor calidad de vida.

Objetivos

Objetivo General:

Diseñar un enlace microondas dedicado entre puerto carenero Higuero y la isla de La Tortuga para comunicaciones: físicamente implementable, económicamente viable y productivo.

Objetivos Específicos:

- Investigar lo relacionado con los equipos (funcionamiento e instalación).
- Evaluar la mejor forma de alimentación del sistema bien sea eólica, solar o utilizando combustibles fósiles.
- Analizar las normas por las cuales debe regirse el desarrollo del proyecto.
- Estudiar el área a utilizar para la posible implementación del proyecto.
- Analizar los esquemas propuestos para la implementación del enlace.
- Diseñar y esquematizar el enlace con los equipos definitivos a utilizar.
- Comparar el manejo de equipos de enlaces similares ya existentes con el fin de obtener mayor fluidez al momento de la instalación de los equipos.
- Establecer cuáles serán los beneficios y mejoras que puede ofrecer el nuevo enlace.
- Hacer un análisis económico de la instalación que verifique si viabilidad con una relación beneficio-costos bien establecida.

Alcances y limitaciones.

En nuestro trabajo de grado se planteará el diseño de todo lo referente al enlace entre los puntos antes mencionados (Cabo Codera - La Tortuga), así como el estudio teórico, estudio económico con un análisis de beneficios presentes y futuros en caso de

que se complete un proyecto turístico a gran escala en la isla. Se cubrirán los aspectos más importantes para el funcionamiento del mismo como suministro de energía, montaje, posibles equipos reales a utilizar, ubicación exacta, entre otros aspectos que se presentarán durante el desarrollo del trabajo.

No se incluirán estudios de aspectos secundarios como, distribución de servicios en la isla o estudios de tráfico, mano de obra, viviendas de obreros, equipos terminales, salarios y costos de construcción de infraestructuras complementarias, ni se implementara físicamente el enlace salvo en el caso de conseguir financiamiento del Estado o alguna empresa privada aunque no es el objetivo principal de este trabajo

MARCO TEÓRICO

La Isla de La Tortuga.

La isla de La Tortuga es una dependencia federal venezolana ubicada al sur del mar Caribe, al norte de Venezuela a los 10°57' N y 65°19' O, a 85 km de Río Chico estado Miranda, 72 km de Cabo Codera y 170 km al noroeste de La Guaira. Es después de Margarita la isla venezolana de mayor tamaño, comprende un área de 171 km² con 62 km de costa, tiene 25 km en su lado largo (este-oeste) y 8 km en el ancho (norte-sur) con una altura máxima de 40 m sobre el nivel del mar. Es parte de un archipiélago de varias islas, islotes y cayos entre ellos están: Los Tortuguillos del Este y del Oeste, Cayo Herradura, Los Palanquines, Cayos de Ño Martin, Islote El Vapor y Cayos de Punta de Ranchos (wikipedia, 2009).

La isla carece de vías asfaltadas y la forma principal de transporte es por vía marítima, también está el acceso por vía aérea hasta una pequeña pista rudimentaria de uso libre mantenida por los mismos usuarios para avionetas pequeñas en Punta Delgada al noreste de la Isla.

Climáticamente se caracteriza por una temperatura media anual de 26,4° C, predominan los vientos alisios del noroeste posee alta evaporación potencial y alta insolación, es árida y carece de agua dulce. El sustrato se constituye predominantemente por piedras calizas pleistocénicas, cristalinas, macizas y porosas.

Geológicamente La Tortuga es una formación rocosa donde predominan casi totalmente las calizas de origen coralino, y se muestran formando grandes bloques o piezas planas sueltas. Los suelos de la mitad sur de la isla datan del plioceno o mioceno superior y los de la mitad septentrional datan del pleistoceno o cuaternario, definiéndose la existencia de dos terrazas de origen marino producto de dos levantamientos sucesivos. Del lado sur el perfil submarino desciende vertiginosamente hacia las mayores profundidades de la fosa de Cariaco. A 600 m de la costa se alcanzan 380 m de profundidad y a 9 km, 1000 m de profundidad.

La flora es variada, se han catalogado 47 especies de plantas distribuidas en 30 familias distintas. En la parte interior de la isla, la vegetación es típicamente xerófita constituida por arbustos y gramíneas de las especies típicas que son comunes en las zonas costeras áridas de Venezuela, pero la formación vegetal predominante son los manglares. La vegetación está adaptada a las condiciones de aridez de la isla en donde algunas áreas carecen prácticamente de sustrato y humedad.

La fauna de la isla comprende una variada población avícola entre la que se encuentran representantes terrestres como los pericos (*Aratinga pertinax*), las tortolitas (*Columbigallina passerina*) y las paraulatas (*Mimus gilvus*). Son muy numerosos los canarios de mangle de la especie *Dendroica petechia* y entre los retamales se esconden las reinitas del género *Coereba*. Aunque como es de imaginarse las aves marinas comprenden la mayoría de las aves de la isla con 7 especies de garzas y numerosos playeros, gaviotas de la familia *Laridae*, veladores, bobos, alcatraces, etc. Los únicos mamíferos terrestres que existen en La Tortuga son conejos, gatos y algunos chivos asilvestrados que dejaron los antiguos colonos holandeses y ahora son parte de la fauna de la isla. La fauna marina está constituida por numerosos tipos de peces encontrados típicamente en toda la costa caribeña y mamíferos marinos como delfines y marsopas.

Un aspecto interesante de los fondos coralinos es que la mayoría de las formaciones de orejones y cacho'e venao, están muertas o dañadas. En muchos casos las formaciones de *Acropora palmata* están colonizadas por el coral de fuego, *Millepora complanata*, que forman extensas praderas en algunas zonas, otro coral más o menos común es el *Porites astreoides*. Hay algunas praderas de hierbas marinas pero son escasas y en general ocupan reducidas extensiones de los amplios fondos arenosos.

Fue descubierta en 1499 por Alonso de Ojeda en su viaje junto a Américo Vespucio y dada la enorme cantidad de tortugas marinas en la isla la nombraron "La Tortuga". Aunque solía ser refugio de piratas en el siglo XVII y el pirata Morgan preparó desde ahí sus incursiones a Venezuela, no es la famosa isla Homónima Haitiana de la literatura de piratería.

Estuvo poblada por holandeses que explotaban las salinas del este de la isla, alrededor de 1623 y que fueron expulsados en 1638 cuando el gobernador de Cumaná destruyó sus instalaciones y anegó el salar. En 1871 pasó a formar parte del llamado Archipiélago Colón y en 1938 es integrado a las Dependencias Federales.

Desde entonces la administra la Armada Venezolana y según la Ley orgánica de las Dependencias Federales de 1938 aún en vigencia, todo lo relativo al gobierno y administración de dichas dependencias corresponde directamente al Ejecutivo Federal o Nacional (Art. 3) bajo la responsabilidad de la Dirección Nacional de Coordinación del Desarrollo Fronterizo y de las Dependencias Federales. Varias comunidades de pescadores residen en la isla desde hace varios años así como también hay una afluencia de turistas locales y extranjeros más o menos constante sobre todo durante días de fiesta y fines de semana, por lo general a bordo de veleros, lanchas deportivas y en menor medida avionetas privadas. A pesar de esto no ha tenido población permanente y por su localización y morfología ha permanecido secularmente en el olvido, lo que la convierte en uno de los últimos parajes semi-virgenes de Venezuela. Anualmente es sede de uno de los eventos de pesca deportiva más importantes de Venezuela como es el Torneo de Pesca Isla de la Tortuga (Cervigón, 1992).

El Gobierno Venezolano recientemente inició estudios para desarrollar turísticamente la isla como un paraíso exclusivo estimándose un beneficio promedio de 500 dólares de estancia por día y pasajero. Está prevista la construcción de un puerto y un aeropuerto nacional, más de 4000 plazas hoteleras y varios conjuntos residenciales. Se estima una inversión inicial de capital mixto de entre 30 y 60 millones de dólares, aunque algunas valoraciones alcanzan los 300 millones. Estos proyectos están basados en la declaración de zona de interés turístico que se aplicó a la Isla en 1974 (decreto 1625) y culmina en 2005 (Gaceta Número 38.179) en el que la Presidencia de la República por Decreto N° 3448, dicta el Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso de las Zonas de Utilidad Pública y de Interés Turístico, Dependencias Federales: Isla La Tortuga, Islas Las Tortuguillas, Cayo Herradura y Los Palanquines (wikipedia, 2009).

Energía.

Conceptualmente la energía es la capacidad de un sistema físico para realizar trabajo. La materia posee energía como resultado de su movimiento o de su posición relacionada con las fuerzas que actúan sobre ella. La radiación electromagnética posee energía que depende de su frecuencia y, por tanto, de su longitud de onda. Esta energía se comunica a la materia cuando absorbe radiación y se recibe de la materia cuando emite radiación. La que se relaciona con movimiento se conoce como energía cinética y la relacionada con la posición es la energía potencial. La energía se manifiesta en varias formas, entre ellas la energía mecánica. Todas las formas de energía pueden convertirse en otras formas mediante los procesos adecuados. En el proceso de transformación puede perderse o ganarse una forma de energía, pero la suma total permanece constante, la energía ni se crea ni se destruye, solo se transforma. Este concepto, es conocido como principio de conservación de la energía.

Por ejemplo, al disparar un arma de fuego, la energía potencial de la pólvora se transforma en la energía cinética del proyectil. Una batería eléctrica tiene energía potencial en forma química. La energía cinética del rotor de una dinamo o alternador se convierte en energía eléctrica mediante la inducción electromagnética. Esta energía eléctrica puede a su vez almacenarse como energía potencial de las cargas eléctricas en un condensador o una batería, disiparse en forma de calor o emplearse para realizar trabajo en un dispositivo eléctrico. Todas las formas de energía tienden a transformarse en calor, que es la forma más degradada de la energía. Las pérdidas de los circuitos eléctricos se producen fundamentalmente en forma de calor (Mesa, 2009).

Energía renovable

También llamada energía blanda, así se abarcan una serie de fuentes energéticas que teóricamente no se agotarían con el paso del tiempo. Estas fuentes serían una alternativa a otras tradicionales y producirían un impacto ambiental mínimo, pero que en sentido estricto no son renovables, porque eventualmente se agotarían ya que nada es

para siempre, como es el caso de la geotermia, tampoco se utilizan de forma blanda, siempre habrá un impacto ambiental. Las energías renovables comprenden: la energía solar, la hidroeléctrica, la eólica, la geotérmica, la hidráulica y la procedente de la biomasa.

Energías no renovables

Son aquellas fuentes de energía que en un futuro cercano pueden agotarse, es decir, tienen un carácter limitado en el tiempo y su consumo implica su desaparición en la naturaleza sin posibilidad de renovación. Suponen en torno al 80 % de la energía mundial y sobre estas se ha construido el inestable modelo energético actual. Estas fuentes de energía generan emisiones y residuos que degradan el medioambiente, también provocan dependencia exterior porque se encuentran exclusivamente en determinadas zonas del planeta así como su control crea conflictos por su interés estratégico militar. Como ejemplos más significativos se encuentra los combustibles fósiles y la energía nuclear como las fuentes de energía no renovables más utilizadas.

Este estudio se enfocará en las fuentes de energía renovables ya que la idea es utilizar alimentación amigable con el medio ambiente e independiente del sistema energético actual, que es inestable y en un futuro deberá ser rediseñado.

Energía eléctrica

A diferencia de los combustibles o de la energía hidráulica, la energía eléctrica no se obtiene directamente de la naturaleza (es una fuente energética secundaria) ni es fácil almacenarla en grandes cantidades. Su producción a partir de todo tipo de fuentes de energía y con dispositivos que suministran potencias enormes (centrales eléctricas) o muy pequeñas (pilas) es una de sus grandes ventajas, además de la facilidad con que se convierte en las formas de energía que se manejan con mayor frecuencia para motores, hornos, lámparas, aparatos de telecomunicación, etc. Otro hecho importantes es que se pueda transportar casi instantáneamente y en grandes cantidades a largas distancias en forma de corriente alterna, ya que si la corriente fuese continua se disiparía mucha

energía en forma de calor por el efecto Joule. Con la adopción de la corriente alterna, se pudieron alejar las centrales de los centros de consumo y ponerlas cerca de las minas de carbón o de los grandes ríos. Esto tuvo tres consecuencias: un cambio en el generador donde el alternador sustituyó al dinamo, la instalación de grandes redes de distribución y un aumento de la potencia de las centrales para satisfacer la creciente demanda.

Básicamente, el alternador difiere del dinamo, en que el inducido se traslada a la parte fija y el inductor, a la parte móvil; para excitar el rotor se emplea, a menudo, una dinamo auxiliar solidaria del mismo eje que une la turbina con el alternador. Este dispositivo se mantiene en esencia idéntico para todo tipo de centrales en donde la conversión de energía primaria a eléctrica se efectúe por medio de un fluido: agua, vapor de agua u otros, aire o gases de combustión. Las turbinas se adaptan a cada fluido y el alternador, a la potencia y al tipo de corriente requeridos; en general, se produce corriente trifásica cuya frecuencia es de 50 Hz en Europa y 60 Hz en América.

El sistema de transporte está formado por redes interconectadas de ámbito continental, cuya estructura básica consta de líneas troncales de alta tensión hasta 400.000 V para grandes distancias; líneas de media tensión (miles o decenas de miles de V) hasta los centros de distribución; y redes de baja tensión (220 V o 380 V) trifásicas y monofásicas. Luego se forman bucles y mallas hasta la acometida del usuario, cuyos aparatos deben estar ajustados a la tensión y frecuencia de la corriente.

De las fuentes de energía eléctrica renovables a analizar para este TEG se concentrará en las más viables ya sea económicamente, por su potencia o dimensiones de los equipos (Construible, 2007).

Energía del mar

Hay tres manifestaciones de la energía marina que son aprovechables para producir energía eléctrica: las olas, las diferencias de temperatura entre estratos de agua a distinta profundidad y las mareas. Las únicas centrales marinas de potencia elevada hoy por hoy son las que utilizan las mareas, estas son las centrales mareomotrices que producen

energía eléctrica a partir del desnivel creado por las mareas. Este tipo de central utiliza la energía potencial gravitatoria del agua como una central hidráulica, es decir, convierte el salto entre la superficie del agua represada y la turbina en carga cinética y de presión, que, a su vez, se transforman en gran parte en energía de rotación y luego en energía eléctrica.

La presa consiste aquí en un dique que cierra una bahía o estuario; en la pleamar se crea un salto de varios metros entre el nivel del agua exterior y el del agua interior; el agua exterior fluye a través de turbinas de Kaplan de bulbo de eje horizontal y reversibles, instaladas en el dique, hasta que se igualan ambos niveles; en la bajamar se invierte el proceso.

Energía eólica

Es la energía producida por el viento. Puede ser aprovechado el viento motrizmente tanto como para generar desplazamiento directo como en la navegación a vela o movimiento rotacional para producir energía eléctrica. El viento cambia de intensidad y de dirección de manera impredecible, hoy, en los parques eólicos, se utilizan los acumuladores para producir electricidad durante un tiempo, cuando el viento no sopla. Otra característica de la energía producida por el viento es su infinita disponibilidad en función lineal a la superficie expuesta a su incidencia. En los barcos, a mayor superficie velica mayor velocidad. En los parques eólicos, cuantos más molinos haya, más potencia en bornes de la central.

Energía Solar

Es la energía radiante producida en el Sol y es la favorita a la hora de pensar en sistemas auto sustentados de bajo impacto. Se produce como resultado de reacciones nucleares de fusión. Llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres. La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, tiene un valor de $1,37 \times 10^6$ erg/s/cm², o unas 2 cal/min/cm². Sin embargo, esta cantidad no es constante, ya que varía

un 0,2% en un periodo de 30 años. La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera.

La intensidad de energía solar disponible en un punto determinado de la Tierra depende del día del año, de la hora y de la latitud. Además, la cantidad de energía solar que puede recogerse depende de la orientación del dispositivo receptor ya que la radiación se propaga en línea recta.

La recogida natural de energía solar se produce en la atmósfera, los océanos y las plantas de la Tierra. Las interacciones de la energía del Sol con los océanos y la atmósfera, por ejemplo, producen vientos, utilizados para hacer girar los molinos. Los sistemas modernos de energía eólica utilizan hélices fuertes, ligeras, resistentes a la intemperie y con diseño aerodinámico que, cuando se unen a generadores, producen electricidad para usos locales.

Casi un tercio de la energía solar que alcanza el borde exterior de la atmósfera se consume en el ciclo del agua, que produce la lluvia y la energía potencial de las corrientes de montaña y de los ríos. La energía hidroeléctrica es la que aprovecha estas aguas en movimiento para generar electricidad. Sin mencionar que gracias al proceso de fotosíntesis, la energía solar contribuye al crecimiento de la vida vegetal que, junto con la madera y los combustibles fósiles que desde el punto de vista geológico derivan de plantas antiguas, puede ser utilizada como combustible. Otros combustibles como el alcohol y el metano también pueden extraerse de las plantas.

Asimismo, los océanos representan un tipo natural de recogida de energía solar. Como resultado de su absorción por los océanos y por las corrientes oceánicas, se producen gradientes de temperatura. En algunos lugares, estas variaciones verticales alcanzan 20 °C en distancias de algunos cientos de metros. Cuando hay grandes masas a distintas temperaturas, los principios termodinámicos predicen que se puede crear un ciclo generador de energía que extrae energía de la masa con mayor temperatura y transferir una cantidad a la masa con temperatura menor. La diferencia entre estas

energías se manifiesta como energía mecánica, que puede conectarse a un generador, para producir electricidad. Estos sistemas, llamados sistemas de conversión de energía térmica oceánica (CETO), requieren enormes intercambiadores de energía y otros aparatos en el océano para producir potencias de varios megavatios.

Recogida directamente la energía solar requiere dispositivos artificiales llamados colectores solares, o con área de exposición directa o a veces después de concentrar los rayos del sol. La energía, una vez recogida, se emplea en procesos térmicos o fotoeléctricos, o fotovoltaicos. En los procesos térmicos, la energía solar se utiliza para calentar un gas o un líquido que luego se almacena o se distribuye. En los procesos fotovoltaicos, la energía solar se convierte en energía eléctrica sin ningún dispositivo mecánico intermediario. Los colectores solares pueden ser de dos tipos principales, los de placa plana y los de concentración a los que les llega el reflejo de unos espejos concentrándose los rayos en un área menor.

Un tipo de colector de placa plana son los paneles solares, que son dispositivos que aprovechan la energía que llega a la tierra en forma de radiación solar. El componente principal de los paneles solares son las células de silicio.

Haciendo una gran división se puede decir que existen dos clases distintas de paneles solares dependiendo del uso que se le dará principalmente, los que se utilizan para el calentamiento del agua (generalmente de uso doméstico) o tipo colector. Estos son los que se pueden ver generalmente en los tejados de las casas y edificios, a través de un circuito cerrado calientan agua que es almacenada en un depósito para su posterior uso doméstico.

El otro tipo son los paneles solares fotovoltaicos, estos están destinados a la producción de energía eléctrica a partir de la radiación solar incidente en las células de silicio. Su uso principal se da para instalaciones aisladas a la red, en las cuales la llegada de la red eléctrica general se hace complicada o imposible. Un uso que se está haciendo de forma muy masiva de los paneles solares son las plantas solares dedicados a la

producción eléctrica de forma fotovoltaica, y es esta la forma de energía en la que se basará la alimentación para los equipos de este TEG (Soio Ciencia).

Funcionamiento de un panel Fotovoltaico

La resistencia de un conductor metálico aumenta al aumentar la temperatura. Dicho aumento depende de la elevación de la temperatura y del coeficiente térmico de resistividad, el cual se define como el cambio de resistividad por grado centígrado de variación. Los semiconductores tienen un coeficiente de temperatura negativo, mientras que muchos metales se tornan superconductores a pocos grados por encima del cero absoluto.

La temperatura de trabajo (T_t) que alcanza un panel fotovoltaico obedece una relación lineal dada por la expresión:

$$T_t = T_a + KR, \quad \text{Fórmula (1)}$$

Donde

- T_t : Temperatura de trabajo en grados Centígrados.
- T_a : Máxima temperatura ambiente en grados Centígrados.
- R : radiación solar en mW/cm^2 (varía entre 80 y $100 \text{ mW}/\text{cm}^2$).
- K : coeficiente que varía entre 0,2 y 0,4 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{cm}^2/\text{mW}$, que depende de la velocidad promedio del viento. Cuando ésta es muy baja, o inexistente, el enfriamiento del panel solar es pobre o nulo y K toma valores cercanos o iguales al máximo (0,4). Si la velocidad del viento produce un enfriamiento efectivo del panel, el valor de K será el mínimo (0,2). El producto KR representa el incremento de temperatura que sufre el panel sobre la máxima temperatura ambiente.

Para calcular la Potencia de salida a la temperatura de trabajo (P_t) que alcanza un panel fotovoltaico, el primer paso es calcular la temperatura de trabajo y luego se determina el incremento en la temperatura respecto a la de prueba ($25\text{ }^\circ\text{C}$). La expresión aproximada para el cálculo es:

$$P_t = P_p \cdot \delta D, \quad \text{Formula (2)}$$

Donde

- P_t : Potencia de salida a la temperatura de trabajo en Vatios.
- P_p : Potencia pico del panel ($25\text{ }^\circ\text{C}$) en Vatios
- δ : Coeficiente de degradación ($0,6\text{ \% / }^\circ\text{C}$).
- D_t : Incremento de temperatura sobre los $25\text{ }^\circ\text{C}$ ($T_t - 25^\circ\text{C}$) en grados Centígrados.

Los resultados muestran que la mayoría de los paneles, independientemente del tipo de célula, ofrecen un coeficiente de degradación que oscila entre **0,7** y **0,86%**. Este consiste en la cuantificación de la degeneración que sufre el panel al operar por encima de la temperatura óptima de trabajo.

La célula fotovoltaica

Las primeras celdas solares de selenio fueron desarrolladas en 1880, sin embargo, no fue sino hasta 1950 que se desarrollaron las celdas de silicio mono cristalino que actualmente dominan la industria fotovoltaica. Las primeras celdas de este tipo tenían una eficiencia de conversión de solo 1%; ya para 1954 se había logrado incrementar la eficiencia al 6% en condiciones normales de operación, mientras en el laboratorio se lograron eficiencias cercanas a 15%. Hoy en día no ha variado mucho aunque la diversidad de opciones de paneles en el mercado se ha ampliado notablemente.

La producción eléctrica está basada en el fenómeno físico denominado "efecto fotovoltaico", que básicamente consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por

medio de unos dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas. Estas células están elaboradas a base de silicio puro (uno de los elementos más abundantes en la naturaleza, componente principal de la arena) con adición de impurezas de ciertos elementos químicos (boro y fósforo), y son capaces de generar cada una de ellas una corriente de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Voltios, utilizando como fuente de energía la radiación luminosa. Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado. Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión (rebota) y otra parte por transmisión (atraviesa la célula).

El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a otra creando una corriente proporcional a la radiación incidente. La capa antirreflejo aumenta la eficacia de la célula. Generalmente, una célula fotovoltaica tiene un grosor que varía entre los 0,25 y los 0,35 mm y una forma generalmente cuadrada, con una superficie aproximadamente igual a 100 mm².

Los materiales para la fabricación de los paneles solares son:

Silicio Monocristalino: de rendimiento energético hasta 15 - 17%

Silicio Poli-cristalino: de rendimiento energético hasta 12 - 14 %

Silicio Amorfo: con rendimiento energético menor del 10 %

Otros materiales: Arseniuro de galio, diseleniuro de indio y cobre, telurio de cadmio.

Actualmente, el material más utilizado es el silicio monocristalino que tiene prestaciones y duración en el tiempo superiores a cualquier otro material utilizado para el mismo fin (PortalSolar, 2007).

Teoría de Redes y Teoría de Ondas

Red de Acceso.

Desde el punto de vista geográfico se refiere a aquella infraestructura de comunicaciones que existe entre el domicilio del cliente y la central de conmutación. Se tratan los niveles físico y de enlace del modelo por capas OSI (Martínez, 2002).

Redes de acceso por vía Inalámbrica.

Enlaces Satelitales.

Algunas fuentes definen un satélite artificial como un objeto no tripulado puesto en órbita alrededor de la Tierra, quedando por fuera los cohetes lanzadores, los transbordadores espaciales y las estaciones orbitales. Los satélites se pueden clasificar por su órbita, por ejemplo; satélites de órbita geoestacionaria, de órbita baja y de órbita elíptica excéntrica o por su finalidad como satélites de telecomunicaciones, meteorológicos, de navegación, militares, de observación, científicos, de radioaficionado, etc. (Fernández & Fernández, 2008).

Una red satelital consta de los siguientes elementos:

Transponders: Es un dispositivo que realiza la función de recepción y transmisión. Las señales recibidas son amplificadas antes de ser retransmitidas a la tierra. Para evitar interferencias les cambia la frecuencia.

Estaciones terrenas: Constan a su vez de tres componentes:

Estación receptora: Recibe toda la información generada en la estación transmisora y retransmitida por el satélite.

Antena: La antena capta la radiación del satélite y la concentra en un foco donde esté ubicado el alimentador. Una antena de calidad debe ignorar las interferencias y los ruidos en la mayor medida posible.

Estación emisora: Está compuesta por el transmisor y la antena de emisión. La potencia emitida es alta para que la señal del satélite sea buena. Esta señal debe ser captada por la antena receptora. Como medio de transmisión físico se utilizan medios no guiados, principalmente el aire.

Los satélites dependiendo de su función utilizan diferentes bandas de frecuencias, las bandas de frecuencias disponibles son las siguientes:

Banda P 200-400 MHz.

Banda L 1530-2700 MHz.

Banda S 2700-3500 MHz.

Banda C 3700-4200 MHz.

4400-4700 MHz.

5725-6425 MHz.

Banda X 7900-8400 MHz.

Banda Ku1 (Banda PSS) 10.7-11.75 GHz.

Banda Ku2 (Banda DBS) 11.75-12.5 GHz.

Banda Ku3 (Banda Telecom) 12.5-12.75 GHz.

Banda Ka 17.7-21.2 GHz.

Banda K 27.5-31.0 GHz.

1 MHz.= 1000.000 Hz.

1 GHz. = 1000.000.000 Hz.

Existen otras tecnologías para la transmisión inalámbrica. Wi-Fi y WiMAX son dos normas de transmisión por ondas de radio de mucho uso en la actualidad. A continuación se mencionan algunas de sus características:

Wi-Fi. Es una de las tecnologías de comunicación inalámbrica mediante ondas más utilizadas en la actualidad. Es llamada también WLAN (Wireless LAN) o estándar IEEE 802.11.

Existen dos tipos de comunicación WiFi:

802.11b, que emite a 11Mb/seg

802.11g, más rápida a 54 Mb/seg

Su velocidad y alcance (unos 100 - 150 m en hardware asequible) lo convierten en una fórmula perfecta para el acceso a internet sin cables.

Para tener una red inalámbrica solo se necesita un punto de acceso que va conectado al modem y un dispositivo Wi-Fi. Es aconsejable mantener el punto de acceso en un lugar alto para que la recepción/emisión sea más fluida.

Para su funcionamiento se debe conectar los dispositivos e instalar su software. La mayoría de los enrutadores Wi-Fi incorporan herramientas de configuración para controlar el acceso a la información que se transmite por el aire.

WiMAX. Iniciales de Worldwide Interoperability for Microwave Access (Interoperabilidad Mundial para el Acceso por Microondas), Es considerado por muchos como el futuro de las redes Wi-Fi. Pero actualmente existe una pugna con la tecnología LTE que promete superior rendimiento. WiMax es el nombre comercial del estándar 802.16, promete una velocidad de 70 megabits por segundo, que con una sola antena

cubrirá un área de 50 km a la redonda, frente a los 300 m de Wi-Fi. (Fernández L. C., 2005).

Aunque el proyecto del estándar IEEE802.16 se inició en 1988, el trabajo principal se desarrolló entre los años 2000-2003. El autor indica que el objetivo fue desarrollar un estándar para conseguir un desarrollo del acceso en banda ancha, inalámbrico, masivo y a los menores precios posibles, a través de la creación de un estándar para el acceso inalámbrico en ámbito metropolitano.

Versiones del estándar IEEE802.16, cada una de ellas con sus propias características y campo de aplicación son:

IEEE802.16: Aplicación a conexiones punto-multipunto, con antenas direccionales y sin movilidad. Las antenas permanecen fijas. Esta versión del estándar se ha diseñado para bandas entre 11 y 60 GHz. Los primeros equipos cumpliendo el estándar WiMAX aparecieron durante el primer trimestre de 2005.

IEEE802.16a: Aplicación a conexiones inalámbricas en la banda de 2 a 11 GHz. En esta banda existen frecuencias que no requieren licencia de operación, las denominadas "bandas de frecuencia no licenciadas". En estas frecuencias es posible trabajar sin línea de vista directa, por lo que se podrían utilizar antenas no direccionales, en ocasiones de interior y auto instalables.

IEEE802.16c: Ampliación del estándar anterior para definir las características y especificaciones en la banda de 10-66 GHz. Se publicó en enero del 2006.

IEEE802.16e: Se añaden perfiles aprobados por el WiMAX Fórum. Se publicó en junio del 2004.

IEEE802.16e: Añade movilidad, prometiendo comunicaciones en vehículos a 120 Km/h.

Desde el principio, se ha buscado en el desarrollo del estándar la compatibilidad con los estándares europeos, algo que no ocurrió con el 802.11a.

Un aspecto importante del 802.16x es que define una capa MAC (*Media Access Control*) que soporta especificaciones de diferentes capas físicas (PHY). Esta característica es fundamental a la hora de que los fabricantes de equipos puedan diferenciar ofertas, sin dejar de ser inter-operables, para que puedan adecuar los equipos en una determinada banda de frecuencias.

Los atributos de las redes inalámbricas las hacen sistemas atractivos y las características de esas redes son las siguientes:

Bajo costo: en general, una red de acceso inalámbrica cuesta menos que una red de cable equivalente (cobre, fibra óptica o cable coaxial), ya que el ahorro en obra civil (zanjas, tendido de cable, etc.) compensa, en la mayoría de los casos, los costes derivados de la obtención de licencias de operación en las bandas reservadas.

Rapidez de despliegue: pueden desplegarse y ponerse operativas en mucho menos tiempo que las redes cableadas.

Accesibilidad: permiten llevar los servicios a áreas de difícil cobertura por otros medios.

Baja inversión inicial: la inversión inicial es la necesaria para desplegar las estaciones base que cubren el área definida, y los equipos de abonado.

Crecimiento adaptado a la demanda: una vez realizado el despliegue inicial, un sistema de acceso inalámbrico crece según la demanda, ya que los equipos terminales se instalan proporcionalmente con los nuevos clientes, además no se hacen cambios en la infraestructura hasta que no alcance los límites.

Bajo costo de mantenimiento: En comparación con los sistemas cableados, son menos inmunes a acciones de vandalismo, robos, etc.

Retorno rápido de la inversión: Proporcionan al operador de red un rápido retorno de las inversiones y le permiten definir un modelo de negocio atractivo (Ramírez, 2008).

Antenas de redes inalámbricas

Las antenas de redes inalámbricas se pueden separar en tres tipos:

Antenas Direccionales. Estas antenas orientan la señal en una dirección muy determinada con un haz estrecho pero de largo alcance. Actúan de forma parecida a un foco que emite un haz concreto y estrecho pero de forma intensa.

Las antenas Direccionales envían la información a una cierta zona de cobertura, a un ángulo determinado, por lo cual su alcance es mayor y viene determinado por una combinación de la ganancia de la antena, la potencia de emisión del punto de acceso emisor y la sensibilidad de recepción del punto de acceso receptor. Sin embargo fuera de la zona de cobertura no se escucha nada y no se puede establecer comunicación entre los interlocutores.

Antenas omnidireccionales

Orientan la señal en todas direcciones con un haz amplio pero de corto alcance que viene determinado por una combinación de la ganancia de la antena, la potencia de emisión del punto de acceso emisor y la sensibilidad de recepción del punto de acceso receptor. Actúa de forma contraria a una antena direccional. Envían la información teóricamente a los 360 grados por lo que es posible establecer comunicación independientemente del punto en el que se esté.

Antenas sectoriales

Son la mezcla de las antenas direccionales y las omnidireccionales. Las antenas sectoriales emiten un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional. Por lo tanto el alcance de la antena sectorial es mayor que la omnidireccional pero algo menor que la direccional (Sánchez-Vega, 2009).

Redes de Transporte.

Las redes de transporte juegan un papel muy importante en las telecomunicaciones de la actualidad, son las encargadas del envío y multicanalización de diversos tipos de información en diferentes formatos tanto analógicos como digitales. Hace posible que la red alcance cualquier extensión geográfica.

La multicanalización es la técnica que se utiliza para transmitir varias fuentes de información sobre un mismo canal de comunicación. El multicanalizador, frecuentemente llamado mux, es un equipo de comunicación utilizado para este propósito. La principal ventaja de la multicanalización es la de reducir los costos de la red al minimizar el número de enlaces de comunicación entre dos puntos. Los multicanalizadores de la actualidad tienen cada vez más inteligencia, lo que brinda más beneficios.

Existen varias técnicas de multicanalización que incluyen FDM (Frequency Division Multiplexing, multicanalización por división de frecuencias), TDM (Time Division Multiplexing, multicanalización por división de tiempo), OFDM entre otras. A continuación se describen las técnicas FDM, TDM y OFDM, así como los beneficios de la multicanalización (Martínez, 2002).

FDM.

Es un ambiente en el cual toda la banda de frecuencias disponible en el enlace de comunicaciones se divide en canales individuales. Cada usuario tiene asignada una frecuencia diferente. Las señales viajan en paralelo sobre el mismo canal de comunicaciones, pero están divididos en frecuencia, es decir, cada señal se envía en una diferente porción del espectro.

TDM

Es la segunda técnica de multicanalización que apareció en el mercado después de la aparición de FDM. Un multicanalizador basado en TDM empaqueta un conjunto de información (tramas de bits) de diferentes fuentes en un solo canal de comunicación en ranuras de tiempo diferentes. En el otro extremo estas tramas son otra vez reensambladas (desmulticanalizadas) y llevadas a su respectivo canal. Debido a que los mux TDM manejan tramas de bits, son capaces de comprimir la información al eliminar redundancias en los paquetes, muy útil en el caso de aplicaciones de voz.

OFDM

Es una técnica de comunicación que divide un canal, de frecuencia, en un número determinado de bandas de frecuencias equiespaciadas, en cada banda se transmite una subportadora que transporta una porción de la información del usuario. Cada subportadora es ortogonal al resto, dándole el nombre a esta técnica de multiplexación por división de frecuencia. OFDM es una técnica basada en la multiplexación por división de frecuencia (FDM), pero el hecho de que cada subportadora sea ortogonal al resto permite que el espectro de cada una estén traslapadas y no exista interferencia, aumentando la eficiencia del uso del espectro debido a que no se utilizan bandas de separación entre subportadoras (Universidad de Chile, 2008).

Evaluación de la tecnología

Puesto que la zona de estudio (Isla de La Tortuga), no tiene acceso a la comunicación, debido principalmente a la gran distancia que la separa de la costa, se descartan desde un principio las redes cableadas con cables de fibra óptica, cableado coaxial y cableado de cobre de par trenzado, puesto que para la implementación de este tipo de tecnología, se necesitaría una gran cantidad de nodos que funjan de enlace para distancias medianamente largas, lo cual implicaría el uso excesivo de repetidores, amplificadores y estaciones de servicio a lo largo del mar, la cual, basándose en estudios realizados no es factible debido a sus grandes desventajas económicas, de implementación, de mantenimiento y de funcionalidad.

En los llamados medios no confinados, la transmisión se realiza por medio de equipos encargados de emitir la energía que conlleva el mensaje a través del aire, como lo son las antenas, y celdas especiales de transmisión inalámbrica. Del mismo modo, la recepción se lleva a cabo mediante antenas encargadas de captar las ondas electromagnéticas que las rodean.

Entre las tecnologías de comunicación por medios no confinados y que funcionan tanto en forma direccional como omnidireccional, encontraremos se encuentran las siguientes: Wi-fi, Bluetooth, WiMAX, enlaces satelitales y enlaces por microondas.

Basándose y tomando en consideración nuevamente los estudios que se han llevado a cabo recientemente en el área, se puede concluir que la distancia entre el Cabo Codera y La Isla de La Tortuga que son los puntos a interconectar es aproximadamente 86 Km. Es por esto que para la fecha de realización de este trabajo especial de grado, tecnologías como Bluetooth cuyo alcance es de máximo 100 m y Wi-Fi cuyo alcance máximo ronda los 200 m de forma direccionada, no son convenientes sus implementaciones en los nodos, puesto que al igual que con las tecnologías cableadas implicaría el uso excesivo de repetidores, amplificadores y estaciones de servicio a lo largo de toda la zona.

Es por esto que se enfoca en el estudio y análisis de la comunicación vía microondas y se tomará en cuenta el precio y funcionamiento para el montaje de la estructura necesaria en la zona.

Teoría electromagnética.

De la teoría electromagnética se estudiará la combinación de los campos eléctricos y magnéticos que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro. Esta energía se puede propagar en el vacío a través de las ondas electromagnéticas que a diferencia de las ondas mecánicas, las ondas electromagnéticas no necesitan de un medio material para propagarse.

Onda electromagnética

Es la forma de propagación de la radiación electromagnética a través del espacio, y sus aspectos teóricos están relacionados con la solución en forma de onda que admiten las ecuaciones de Maxwell.

Las ondas electromagnéticas son transversales; las direcciones de los campos eléctrico y magnético son perpendiculares a la de propagación.

Radioenlaces de Microondas

Se denomina radioenlace a todo enlace que emplea ondas de radio para establecer una comunicación a larga distancia; por su parte, las microondas se usa para describir ondas electromagnéticas en el intervalo de frecuencias de 300 MHz a 300 GHz, las cuales corresponden a longitudes de onda en espacio libre de 1 metro a 1 mm. Las aplicaciones de radiocomunicaciones generalmente utilizan ondas con frecuencias que se encuentran en la parte superior de la banda de frecuencia UHF (Frecuencia Ultra Alta) y la banda SHF (Frecuencia Súper Alta) del espectro radioeléctrico. Para poder establecer un enlace de microondas de forma satisfactoria es necesario que exista línea de vista

entre la estación transmisora y la estación receptora. Los elipsoides de Fresnel ayudan a determinar si existe o no línea de vista entre las estaciones (Omási, 2003).

Longitud onda

La longitud de una onda es la distancia que recorre la onda en el intervalo de tiempo transcurrido entre dos máximos consecutivos de la misma. La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia. Una longitud de onda larga corresponde a una frecuencia baja, mientras que una longitud de onda corta corresponde a una frecuencia alta.

Elipsoides de Fresnel

Los elipsoides de Fresnel son regiones que rodean la trayectoria de la onda desde la antena transmisora hasta la receptora. La región interna del primer elipsoide de Fresnel se conoce como *primera zona de Fresnel* y contiene la mayor parte de la potencia que alcanza el receptor.

Lo ideal para un enlace microondas es que la primera zona de Fresnel no esté obstruida, pero normalmente es suficiente despejar el 60% del radio de la primera zona de Fresnel para tener un enlace satisfactorio.

Cuando queda completamente libre la primera zona de Fresnel, la atenuación de la onda directa entre las dos antenas es prácticamente idéntica a la del espacio libre. En estas condiciones se dice que el enlace presenta línea de vista.

Estación repetidora

Cuando las características del terreno no permiten tener un enlace con línea de vista entre las estaciones transmisora y receptora, es posible el uso de estaciones repetidoras que permitan desviar el haz electromagnético esquivando de esta forma los obstáculos que puedan estar presentes; en estos casos las estaciones repetidoras se denominan pasivas.

Las estaciones repetidoras son llamadas activas cuando se utilizan para incrementar la potencia de la onda electromagnética y lograr que esta alcance mayores distancias; en estos casos las estaciones repetidoras se colocan en lugares específicos entre las estaciones trasmisora y receptora donde la onda por diversas razones se encuentra atenuada en potencia.

Antenas para microondas

Antenas isotrópicas

En estas antena se distingue que en los tres planos verticales (x, z) e (y, z) la cantidad de energía radiada es exactamente la misma en todas las direcciones. Esto indica que esta antena podrá enviar o recibir señal con las mismas condiciones esté en la posición que esté, idealmente hablando.

Dipolo de Hertz

Es una antena filiforme de longitud L despreciable con respecto a la longitud de onda. A lo largo del conductor la distribución de la corriente que genera el campo resulta uniforme. El dipolo se puede asemejar a un elemento abierto de corriente alterna donde las cargas oscilan desde un extremo al otro.

Antena parabólica

Es un tipo de antena que se caracteriza por llevar un reflector parabólico. Es la antena típica usada para radioenlaces terrestres. Por debajo de 2 GHz se usan antenas grilla (*Grid*). Requiere de tramos de cable coaxial o guía de ondas largos.

Foco centrado

Se caracteriza por tener el reflector parabólico centrado respecto del foco.

Foco desplazado u offset

Que se caracteriza por tener el reflector parabólico desplazado respecto del foco. Son más eficientes que las parabólicas de foco centrado, porque el alimentador no hace *sombra* sobre la superficie reflectora.

Cassegrain

Se caracteriza por llevar un segundo reflector cerca de su foco, el cual refleja la onda radiada desde el dispositivo radiante hacia el reflector en las antenas transmisoras, o refleja la onda recibida desde el reflector hacia el dispositivo detector en las antenas receptoras (Sánchez-Vega, 2009).

Métodos de diversidad

Existen varios métodos de diversidad; de espacio, de frecuencia, de tiempo, de ángulo, de polarización, por conmutación, etc. Los más importantes o los más utilizados en enlaces microondas punto a punto son los dos primeros.

Diversidad de espacio

La diversidad de espacio o espacial, también conocida como diversidad de antena, se logra instalando varias antenas, tanto en el lado del transmisor como en el lado del receptor. Si las antenas se instalan suficientemente apartadas entre sí, las señales sufrirán desvanecimiento de una manera casi independiente, creándose caminos de señal diferenciados. La separación de antena requerida depende de la dispersión local del medio así como de la frecuencia de la portadora. Para estaciones bases o sistemas instalados en torres, esta separación debe ser del orden de diez veces el ancho de banda.

Como se ha comentado anteriormente esta diversidad de antena puede darse tanto en el lado del transmisor, usando varias antenas transmisoras (conocido como sistemas MISO: múltiple input single output), como en el lado del receptor, en el que se utilizarán múltiples antenas receptoras (sistemas SIMO). Cada vez más se están implementando sistemas que hacen uso de estos dos tipos de diversidad, y es lo que se conoce como sistemas MIMO.

Diversidad de frecuencia

En la diversidad de frecuencia, la información se transmite en más de una portadora, de tal forma que señales con una separación de frecuencia mayor que determinado valor no experimenten el mismo desvanecimiento, siendo la separación en frecuencia necesaria para que los canales estén parcial o totalmente no-correlacionados del ancho de banda de coherencia del canal. Este valor puede corresponder a una fracción importante del ancho de banda total utilizado, y por lo tanto, esta técnica tiene la desventaja de necesitar generalmente un ancho de banda significativamente mayor, con un número igual de receptores que de canales de diversidad. Sin embargo, la diversidad en frecuencia se emplea usualmente en enlaces por línea de vista que usan FDM y para rutas críticas.

Diversidad combinada

Muchas veces es necesario incrementar el factor de mejora para alcanzar los objetivos de calidad y combinando diferentes técnicas de diversidad se puede incrementar la mejora de recepción del enlace considerablemente. A continuación se tratarán los casos más típicos.

Diversidad combinada híbrida.

Se puede disponer la diversidad combinada híbrida entre espacio y frecuencia. Se trata de una configuración de 3 antenas. En un extremo se dispone de una antena con la configuración de diversidad de frecuencia. En el otro extremo se disponen de dos antenas, cada una de ellas trabaja con una portadora distinta. De esta manera se disponen

de dos caminos (superior e inferior) que trabajan a distinta frecuencia combinando los efectos. La diversidad híbrida se aplica cuando en un emplazamiento es imposible colocar 2 antenas para diversidad combinada completa. Generalmente ocurre cuando una torre tiene un número elevado de antenas y la carga sobre la torre es muy alta. La mejora del sistema introducida es equivalente a la suma de las mejoras de cada método de diversidad.

Diversidad combinada completa

La diversidad combinada completa consistente en un circuito con 4 antenas. En cada extremo se colocan los transmisores en diversidad de frecuencia generalmente sobre la antena superior (con mayor despeje). Sobre cada antena de recepción se conectan dos receptores, uno para cada portadora. Se dispone entonces de dos caminos de propagación cada uno de ellos con dos frecuencias portadoras, lo cual produce una mejora sustancial en la calidad equivalente al producto de las mejoras en diversidad de frecuencia y diversidad espacial individualmente (Universidad Nacional del Rosario, 2008).

METODOLOGÍA

En este capítulo se menciona los parámetros a tomar en cuenta y los pasos que se deben seguir al realizar el diseño de un enlace de microondas, en este caso un enlace muy particular, ya que se pretende comunicar una isla con gran plataforma y bien distante de tierra firme. Como todo sistema inalámbrico, resulta crucial un diseño adecuado del interfaz radioeléctrico, que va desde la elección de la banda de frecuencia, el tipo de antenas, los equipos de radiocomunicación, el balance de potencias, entre otros. Pero el diseño no sólo incluye los aspectos técnicos necesarios, además, soporta la funcionalidad del enlace, sus beneficios y alcances. A continuación se presenta de forma detallada los métodos y procedimientos a seguir para la elaboración del enlace entre Carenero y la Isla de La Tortuga.

Para poder desarrollar este proyecto se recomienda dividirlo en fases, que dan como resultado 3 etapas, que sin desviarse de los objetivos, dan mayor eficiencia para la ejecución de los mismos. Estas fases son: 1.- Fase de investigación y documentación, 2.- análisis, recolección de datos y desarrollo y 3.- Diseño, comprobación y mejora.

Al momento de realizar el diseño de un enlace de comunicaciones, lo primero que se debe preguntar es para qué realizar dicho enlace y los beneficios que debe proveer un enlace dedicado, dependen del lugar que se quiera comunicar. En el caso de la Isla de La Tortuga, se busca información de las actividades que allí se practiquen. Una de las mejores formas es visitar el lugar, de esta manera se sabe que el pueblo que habita en la isla es de pescadores, pero que durante todo el año están siendo visitados por turistas pudientes, dueños de yates y avionetas.

Se debe investigar acerca de enlaces similares al que se desea implementar, para corroborar que fuera factible y práctico. Luego que se decide llevar a cabo el diseño del enlace, se debe realizar un estudio geográfico de los puntos a conectar. Aquí se toma en cuenta sus coordenadas geográficas, distancia del enlace, tipo de suelo, clima, alturas sobre el nivel del mar. Este estudio se realiza para la elección de los posibles equipos de

radio y de sus parámetros de funcionamiento y se busca las opciones que presenta el mercado con respecto a dichos equipos. De esta manera se relacionan con las normas que se deben seguir para implementar el proyecto, estas normas las rige La Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL).

Se debe investigar la forma de alimentación de los equipos que se puedan utilizar y la factibilidad para alimentarlos en cada una de las zonas del proyecto. En Carenero y Cabo Codera hay tendido eléctrico a diferencia de La Tortuga que requiere un estudio mayor con respecto a fuentes de energía alterna por la ausencia de servicios de corriente eléctrica. Estas operaciones deben incluir una buena ubicación de las antenas, la correcta planificación del enlace radioeléctrico y la elección de un canal libre de interferencia, que son factores importantes en la prestación de un sistema de acceso inalámbrico.

Se debe investigar sobre el recorrido de la fibra óptica en el tendido nacional, para saber si es necesario más de un enlace para garantizar la comunicación a la isla. Con cubrir las actividades antes mencionadas se cumple con la fase de investigación y documentación.

Para avanzar en el proyecto, se debe pasar a la segunda fase que incluye el análisis, recolección de datos y previsiones para sustentar lo ya investigado. Primero se deben visitar los puntos que se han elegido para la instalación de las radio base para observar si son aptos para ello y se aprovecha estudiar los posibles inconvenientes que se puedan presentar, bien sea por poca factibilidad, carencia de suministros, etc.

Se elige un rango de frecuencia que cumpla con las características necesarias para llevar a cabo el enlace, primordialmente, que esté en el orden de los microondas, que no de mucha interferencia con respecto a los enlaces cercanos, que tenga mayor ganancia con respecto a los demás rangos utilizables y que cumpla con las normas del Cuadro Nacional de Bandas de Frecuencias.

Una vez conocida las bandas de frecuencias que se pueden utilizar, las características climáticas de la zona, las coordenadas elegidas para la ubicación de las

radiobases, se estudia los posibles percances que pueda tener el enlace, como posibles interferencias y factores de atenuación de la señal, si el canal como tal es limpio. El principal problema en este enlace es la distancia y como pueda afectar el mar, para esto se estudia las ventajas que presta el aplicar técnicas como diversidad espacial.

La utilización de aplicaciones informáticas de simulación con cartografías digitales del terreno, constituye una potente herramienta de ayuda en la planificación y el diseño del enlace. Valiéndose de estas herramientas es posible determinar las mejores localizaciones para instalar las antenas y estimar su alcance y cobertura, así como tipo de antenas y equipos de radiocomunicación. Para el diseño del enlace Carenero - La Tortuga se utiliza RADIOMOBILE para simular y con esta aplicación se pueden obtener los parámetros necesarios para garantizar la comunicación entre los puntos. Sin embargo, con este proyecto se piensa satisfacer las necesidades de la isla no sólo en el presente sino más bien pensando en un futuro, lo que obliga a que el sistema sea escalable.

Las frecuencias utilizadas normalmente por los radioenlaces fijos exceden de 1 GHz, por lo tanto, estos sistemas se incluyen dentro de la categoría de sistemas terrenales con visión directa L.O.S (Line-Of-Sight). Para la propagación de la señal debe existir un camino directo y sin obstáculos. En este enlace existe L.O.S. y con este estudio y el apoyo de RADIOMOBILE se puede elegir la altura de las torres.

Después de realizar el diseño del enlace, se debe elegir los equipos y la ubicación exactas de los mismos, y se contratan los servicios que se deseen transmitir, formando parte de la tercera fase del proyecto (Diseño, comprobación y mejora). En este caso, se comienza con una empresa capaz de proveer internet o ISP y de esta manera se crea un enlace completo. Todos los equipos necesarios para esta transmisión consumen corriente y se debe realizar un estudio de la potencia que consume cada uno de ellos para realizar un sistema de energía capaz de alimentarlos. Por las condiciones de la isla de La Tortuga se presentan varias opciones como energía solar, eólica, energía del mar. Se elige el que garantice la operatividad del sistema en todo momento. Después de seguir todos estos

pasos se realiza un presupuesto general y se está listo para implementar el sistema inalámbrico de telecomunicaciones.

Como se ha visto, el diseño de un radioenlace involucra una gran cantidad de cuestiones a tener en cuenta, desde las normas que se deben seguir para la elección de los equipos, hasta la fuente de energía para alimentar esos equipos, etc. Si bien actualmente la existencia de herramientas informáticas de simulación facilita enormemente la tarea, es importante conocer los aspectos que pueden influir en el funcionamiento del enlace, de este modo es más fácil identificar las posibles causas del mal funcionamiento o bajo rendimiento del sistema y ser capaz de elegir los mecanismos adecuados para solucionarlo.

DESARROLLO

En este capítulo se mencionan los métodos utilizados para realizar el diseño de este enlace, detallando cada una de las fases en la que se dividió el proyecto, se estudian los parámetros a tomar en cuenta y los posibles percances que se pueden encontrar a lo largo del mismo. En el capítulo se muestra en orden los pasos que se fueron siguiendo, incluyendo, actividades de documentación, reconocimiento y evaluación de la isla, Cabo Codera y Carenero, el estudio de las tecnologías, evaluación de la alimentación, la elección de equipos y los parámetros de dichos equipos.

Fase 1. Investigación y documentación.

En esta fase se investigó acerca de todos los temas que concernían a esta tesis. En primera instancia se tenían conocimientos previos sobre el potencial turístico de La Tortuga aunque se constataron estos conocimientos con cifras de afluencia turística a la isla así como su nivel social, población establecida, planes turísticos en proceso, entre otros aspectos.

Se investigó sobre los efectos de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones, en busca de los beneficios que puede dar el sistema a la isla de La Tortuga, donde no solo se encontraron ventajas de crecimiento a nivel de comunicaciones sino también en el sector turístico, fomentando a visitar la isla, con la aparición de hoteles, posadas, restaurantes, actividades recreativas y deportivas. Estas nuevas infraestructuras dan lugar a un avance económico, ya que crean nuevos puestos de trabajos. El enlace a su vez permite la instalación de una base militar que brinde no sólo seguridad en la isla como tal sino a todo el país por su perfecta ubicación geográfica y por último esta protección militar da un aporte a la ecología, controlando la pesca ilegal que hoy en día se da en las hermosas aguas que rodean esta gran isla.

Se realizó un estudio geográfico general de la zona tanto de la isla como en donde se instalarían los equipos en tierra firme, todo esto para asegurar que el proyecto fuera 100% implementable y para eso se analizó también la meteorología, fauna y flora típicas de ambas zonas. Después se investigó acerca de enlaces similares al que se deseaba implementar, para corroborar que fuera factible y práctico. Se consiguieron dos enlaces, uno desde Los Testigos hacia Margarita y otro del Ávila a la Orchila y de la Orchila a Los Roques, que poseen características distintas al que se presenta en este proyecto pero sirvieron de referencia por la distancia y equipos utilizados. Aunque los detalles técnicos de estos enlaces no son públicos y no fue posible su obtención, se observó que utilizaban técnicas de diversidad por lo que fue considerado dentro del trabajo.

Ya que se sabe que el proyecto, tiene gran funcionalidad y además es posible, se recuerda que el desarrollo de la isla no depende sólo de un trabajo de telecomunicaciones, sino de un gran proyecto de obras civiles, que incluyen la arquitectura, ingeniería de varios aspectos como aguas potables, aguas negras, carreteras, electricidad, construcción, etc. y es por esto que es importante saber si ya existe alguna idea que incluya esto. Al momento de realizar una investigación más a fondo se buscó si hay planes a futuro de desarrollo del lugar y efectivamente, La Tortuga cuenta con un plan donde están interesadas empresas tanto nacionales como extranjeras, a quienes un sistema de telecomunicaciones les sería muy útil, no sólo a nivel turístico, sino también económico y ecológico.

Fue realizada también una investigación de equipos y tecnologías disponibles en el mercado que contaran con las características necesarias para realizar un enlace de la magnitud del enlace planteado y se anotaron los costos para su posterior inclusión en el análisis económico. También se investigaron los aspectos legales concernientes a este tipo de instalación, frecuencias disponibles y permisología. Para lograr esto se identifica el organismo encargado de establecer las políticas, planes y normas generales que han de aplicarse en el sector de las telecomunicaciones. Como la isla de La Tortuga es parte del territorio de Venezuela, cualquier sistema de telecomunicaciones que se desee aplicar debe cumplir con las normas de la Comisión Nacional de Telecomunicaciones

(CONATEL) que fue creada en 1991, estaba adscrita al Despacho del Ministerio de Transporte y Comunicaciones actual Ministerio del Poder Popular para Infraestructura, pero ésta pasó a estar adscrita el 03 de Agosto de 2010 a la Vicepresidencia de la República; este órgano rector le corresponde establecer las políticas, planes y normas generales que han de aplicarse en el sector de las telecomunicaciones, de conformidad con la Ley Orgánica de Telecomunicaciones y en concordancia con los planes nacionales de desarrollo que establezca el Ejecutivo Nacional. El enlace de microondas a su vez debe cumplir con normas más específicas para la elección de las frecuencias como las que determina el Cuadro Nacional de Bandas de Frecuencias (CUNABAF) y las normas de la Comisión Venezolana de las Normas Industriales (COVENIN) que es el resultado de un arduo proceso, que incluye la consulta y estudio de las normas internacionales, regionales y extranjeras, de asociaciones o empresas relacionadas con la materia, así como de las investigaciones de empresas o laboratorios, para finalmente obtener un documento aprobado por consenso de los expertos y especialistas que han participado en el mismo.

Una vez que se tenía idea de los tipos de equipos que se utilizarían, se investigó las posibles formas de alimentación de los mismos de las que luego se elegiría la más adecuada.

También fue necesaria la investigación de la disponibilidad de conexión directa de Carenero con La Tortuga o si sería indispensable un repetidor a mayor altura en Cabo Codera, así como la disponibilidad de fibra óptica del tendido nacional en Carenero para proveer en un futuro los servicios que serán necesarios en la isla.

Las fuentes consultadas durante el desarrollo de esta fase fueron libros, páginas *web*, otros Trabajos Especiales de Grado y la información brindada por el tutor, revisores, profesores y demás colaboradores.

Fase 2. Análisis, recolección de datos y previsiones.

Una vez realizado el estudio general de la isla de La Tortuga se procedió a realizar una de dos visitas por vía marítima, zarpando de Carenero y navegando cerca de 4 horas hacia el Noreste, en la primera de las cuales se recorrieron los espacios de interés turístico, en búsqueda de lugares que hicieran factible asentamientos hoteleros futuros y el crecimiento poblacional de la isla. También se observó el clima y los posibles inconvenientes para la instalación como la carencia de vías de acceso, suministros y servicios así como lo remoto de la zona.

Siguió una visita a Puerto Carenero en la que se recogieron datos demográficos, geográficos y se corroboró que hubiese disponibilidad de fibra óptica en la zona para que fuese nuestro punto de acceso a la red pública. También se visitó la capitanía de puerto bajo la que están reglamentadas las actividades marítimas deportivas y oficiales que involucran a la isla de La Tortuga y es por tanto el lugar que deberá tener el enlace provisional directo con La Tortuga.

También se inspeccionaron las antenas e instalaciones de CANTV en Higuerote ya que esta es la ciudad más grande y más poblada cerca de Puerto Carenero y en caso de dificultarse la conexión en Carenero, este sería el punto de acceso, lo cual no fue el caso pero contribuyó a generar una mejor idea de la situación en general de la zona.

Continuando las visitas, se realizó una subida al cerro Cabo Codera que siendo el lugar más alto en varios kilómetros fue el candidato a alojar la radiobase principal del extremo de tierra firme del enlace de microondas, además del hecho de que la mayoría de las empresas de comunicación móvil en Venezuela tienen en este sitio sus torres y antenas con lo que se pudiera alquilar un espacio en alguna de ellas abaratando costos. Esta información se consiguió incompleta pero se asume que CANTV no tendría problema en facilitar el espacio alquilado o vendido si consiguiese el enlace útil a sus propósitos. El problema es que esta empresa, así como las otras, no tomaron este proyecto muy en consideración al igual que una petición de un mapeo de frecuencias en

la zona, pero indagando con los expertos consultados se estimaron las frecuencias que se pudieran utilizar y de no ser así al supuesto de que se implementara, no sería problema el cambiarla. El camino es bastante rústico y escondido, se accede por medio de vehículo 4x4 y es necesario un GPS, pero cuenta con tendido público de energía eléctrica.

Fueron realizadas las primeras pruebas con ayuda del software RADIOMOBILE que en esta etapa de recolección de datos se utilizó para corroborar que existiera línea de vista de Carenero a Cabo Codera y de este a la isla de La Tortuga. También fue de gran utilidad para encontrar los puntos de mayor elevación que en el caso de Carenero y Cabo Codera ya estaban identificados por la existencia de antenas previamente instaladas o edificios donde se instalarían nuevas, pero en el caso de La Tortuga no existen precedentes de instalaciones de microondas de ningún tipo por lo que sirvió para conseguir el punto más alto de la isla que además sirviera a los propósitos del proyecto.

Una vez se eligieran los lugares para las instalaciones se contactaron a los organismos pertinentes para conocer acerca de los reglamentos y trabas que pudieran hacer imposible este proyecto, se contactó a CONATEL, CUNABAF, Inparques y la Capitanía de Puerto Carenero las dos primeras por teléfono y las dos últimas ameritaron visitas presenciales.

En este punto de la investigación fue necesaria otra visita por barco a la isla de La Tortuga, para observar que el lugar elegido fuera apto para la instalación encontrándose bastante satisfactorio y cercano a la costa por lo que fue posible verificarlo de cerca. También se anotó que carecía completamente de algún suministro de energía y se encontraba a 9 km del centro con mayor afluencia turística y mayor número de pescadores residenciados a los que debería llegar el servicio preliminar de conexión desde Puerto Carenero. Se notó también que el lugar estaba junto a lo que en un proyecto de turismo del Estado Venezolano sería un aeropuerto internacional pequeño. De esta iniciativa, como de otros asuntos del estado, se consigue muy poca información útil, pero lo importante es que existe y eso corrobora la importancia del proyecto.

Ahora se llegó al punto de la investigación en el que se necesitaría tener a la mano opciones de servicios, se contactaron varias compañías proveedoras de servicios de internet y telefonía para evaluar costos y cuál sería la opción que se tomarían para el servicio temporal que se ofrecería por el enlace. También fueron contactados dos expertos que darían una idea de la factibilidad y configuración del enlace que se desca establecer.

Fase 3. Diseño, comprobación y mejora.

En esta fase se utilizó toda la información recogida en las etapas anteriores, para dar forma al enlace que es el tema central de este trabajo. En primera instancia se decidió, con base en las consultas y la investigación, la tecnología a utilizar así como su distribución en los puntos de acceso y repetición escogidos. Se definió principalmente las dos bandas de frecuencia de microondas a utilizar, una para el enlace largo (Cabo Codera - La Tortuga) y otra para los enlaces más cortos (Carenero - Cabo Codera y La Tortuga - Punta Delgada).

Seguidamente se calcularon los enlaces con la ayuda del software RADIOMOBILE en el cual se simularon los enlaces como una red y se llenaron los campos de variables con las mismas que ya habíamos definido previamente, luego los campos que quedaban definidos por defecto fueron modificados hasta conseguir un enlace robusto y fiable, con una altura de las antenas mínima que garantiza el enlace pero que no eleva demasiado su costo, así mismo la ganancia y el tipo de antenas se modificó a valores reales de equipos en el mercado utilizados en este tipo de enlace. Una vez comprobado el enlace se buscaron dentro de las marcas más ampliamente utilizadas todos los equipos necesarios para hacer posible la conexión, entre estas marcas están NERA, CANOPY y CISCO. Acto seguido se modificaron los valores del enlace en RADIOMOBILE para ajustarlos a la realidad de los equipos. Aunque en el software el enlace largo es robusto, se decidió usar técnicas de diversidad para combatir el desvanecimiento por variaciones

atmosféricas, y basados en enlaces similares se optó por diversidad combinada completa que multiplica la mejora en recepción, siendo esta diversidad espacial combinada con una transmisión en OFDM.

Ya con los equipos involucrados definidos, se anotaron sus consumos de poder para resolver su alimentación lo que en tierra firme lo que no fue un problema ya que tanto en Carenero como en Cabo Codera se cuenta con el tendido eléctrico regular al que solo hay que adicionar un banco de baterías y un inversor para respaldo y seguridad. Pero en el caso de La Tortuga fue un poco más complicado por la necesidad de conseguir un sistema totalmente autónomo de bajo mantenimiento. Se optó por un sistema de energía fotovoltaico con inversor y banco de baterías ya que los otros tipos de energía alternativa considerados eran insuficientes o poco prácticos. Igualmente se averiguo la disponibilidad de equipos en el mercado y precios para diseñar un sistema real y factible económicamente.

Al tema del cálculo del enlace se agregaron la mejora por diversidad completa combinada que se aplicaría al mismo y que no es posible incluirla en el software de cálculo del enlace RADIOMOBILE, obteniendo así un enlace mucho más robusto que se esperaba fuera capaz de mantenerse pese a las variaciones climáticas en las diferentes zonas involucradas.

Fue contactada una compañía ISP (Internet Service Provider) para prestar el servicio provisional en la isla que será de internet de banda ancha, solicitando un presupuesto para suplir a un número estimado de turistas, residentes y obreros que pudieran estar en la isla a la vez, unas 500 personas, por supuesto cifra actual antes del desarrollo turístico esperado, para lo que en el futuro, analistas redimensionarán dependiendo de la demanda.

Aunque es sumamente difícil estimar que tanto crecerá en infraestructura y población de la isla para saber sus beneficios económicos por venir y si vale la pena un enlace como este, se estima que el costo del mismo sería irrisorio comparado con los beneficios a largo plazo que puede generar un desarrollo turístico a gran escala,

generando miles de puestos de trabajo, ingresos por turismo al Estado y los residentes de la isla, calidad de vida para los habitantes y un control ecológico de la zona que al ser tan virgen la pesca de arrastre es practicada impunemente poniendo en peligro la fauna y flora marina.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se encuentra el producto obtenido de cada una de las actividades realizadas durante cada fase del trabajo. Estos resultados, demuestran la toma de decisiones con respecto a lo esperado y también los inconvenientes que se presentan para el diseño completo de los enlaces necesarios para realizar la conexión entre Carenero y la isla de La Tortuga.

Resultados de la fase 1.

Resultados de los beneficios de realizar el enlace.

Beneficios en el sector de turismo.

En primer lugar se realiza una breve descripción de los efectos de las Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones en el sector turístico, militar, económico y ecológico de la isla. La idea principal es apoyar a la construcción de una infraestructura planificada en pro del desarrollo, pero para esto se debe tomar en cuenta los beneficios que un sistema de telecomunicaciones pueda brindar a la Isla de La Tortuga.

La Tortuga presenta ambientes de gran belleza natural, con sus grandes arrecifes y distintos cayos, es una de las pocas islas del Caribe donde no se ha aprovechado su potencial para explotar el turismo. Según el Ministerio de Turismo, la actividad turística moviliza entre un 4 y un 6,5% del Producto Interno Bruto (PIB) de Venezuela. La Isla de La Tortuga podría aportar mucho a este sector del país. Uno de los avances es que se logró captar la atención de empresarios locales. En el 2006, el Ministerio del Turismo presentó a un conjunto de empresarios locales y extranjeros, su proyecto "Isla Tortuga", que junto con Canaima "es el querubín para exportar". Por otra parte, existen ocho grupos de inversionistas interesados, entre los que destacan NH, una de las más grandes cadenas hoteleras del mundo, Sol Meliá de España, Accord de Francia y Andy Group de Colombia, además de otros empresarios europeos y del Medio Oriente. Por Venezuela figuran Fiesta Inn Aguasal, con planes de relanzamiento, el presidente de la Cámara de la

Construcción y la plana mayor de Constructora Sambil, interesados “en construir un hotel de unas 200 habitaciones en La Tortuga”.

En la actualidad, las mesas de negocios establecidas en la Feria Internacional de Turismo de Venezuela (FITVEN) 2010, han alcanzado unos 18 millones 200 mil bolívares en intenciones de negocios o alianzas entre operadores turísticos nacionales e internacionales. En opinión del viceministro de Gestión para el Desarrollo Turístico del Ministerio del Poder Popular para el Turismo (Edgar Rengifo), el monto alcanzado demuestra el interés que tienen los inversionistas y prestadores de servicios del sector turismo, nacionales e internacionales, en hacer del turismo un espacio para el disfrute y recreación de todos los sectores de la población, así como una fuente que ofrezca mayores ingresos y actividad económica al país.

La difusión de las comunicaciones, va a influir de forma positiva en la isla. En la industria turística (hoteles, agencias de viajes, líneas aéreas, operadores de tour, entre otros) las tecnologías han influido de diversas formas, pero particularmente en la manera en que las empresas turísticas distribuyen sus productos al mercado. Internet como forma universal e interactiva ha modificado la forma tradicional de distribución de los productos o paquetes turísticos ya que los consumidores buscan en la web información sobre hoteles, vuelos, paquetes turísticos, etc. El dinamismo del turismo tanto extranjero como nacional en Venezuela hace oportuno resaltar la importancia del comercio electrónico y las telecomunicaciones para este sector.

En cuanto al uso que el sector turístico da al comercio electrónico, se puede decir que para los hoteles y otros hospedajes, agencias de viaje y sobre todo el transporte de viajeros que en los últimos años ha crecido exponencialmente en internet, el mayor uso es para dar a conocer sus servicios.

Beneficios en el sector militar y ecológico.

Otros de los beneficios que el enlace microondas de Carenero a la Isla de La Tortuga puede ofrecer está enfocado al sector militar. Este enlace sería capaz de

contribuir con la Fuerza Armada Nacional en el fortalecimiento de la seguridad y soberanía del país ya que presenta la menor distancia a tierra y con mayor espacio utilizable. Por su posicionamiento geográfico deja abierta la posibilidad de servir como base repetidora o para ofrecer redundancia a enlaces ya existentes como el de El Gran Roque y la Orchila o el de Margarita, ampliando su cobertura en el monitoreo de las costas venezolanas. Si la Fuerza Armada Nacional puede contar con servicios de comunicación en la Isla de La Tortuga sería capaz de resguardar mejor la costa venezolana, controlando el tráfico marítimo, entre los que se encuentran pescadores, turistas y buques comerciales, donde si uno de estos presenta un imprevisto pudiesen establecer comunicación directa con el comando y desde allí establecer comunicación con tierra firme para prestarles el auxilio inmediato. Además, trabajando en conjunto con las estaciones militares de Los Monjes y La Orchila serviría de protección del Centro de Refinación Paraguaná, en el Estado Falcón. Por otro lado si la Fuerza Armada logra establecer una base militar en esta isla, controlaría la pesca ilegal de la isla de La Tortuga, dando apoyo al sector ecológico que es tan importante para el mundo en estos días.

Beneficios en el sector técnico y económico.

El enlace de microondas desde Carenero hasta La Isla de La Tortuga debe significar, comunicación, actualización y en definitiva progreso; juega un papel importante, siendo el medio para que los usuarios logren sus aplicaciones. El enlace debe cubrir necesidades y generar nuevas perspectivas, creando el desarrollo de este entorno físico. Algunos de los atributos que puede ofrecer este sistema de telecomunicaciones desde el punto de vista técnico son: Esta red presenta gran rapidez de despliegue, un bajo costo comparado con una red de cable equivalente, bien sea, cobre, fibra óptica o cable coaxial, ya que el ahorro en obra civil, compensa, en la mayoría de los casos, los costes derivados de la obtención de licencias de operación en las bandas reservadas. Además permiten llevar los servicios a aéreas de difícil cobertura por otros medios, es escalable, que en este diseño es un aspecto muy importante, debido a que se refirió a un diseño pensando en un futuro desarrollo de la isla, que de ser así, el sistema de acceso inalámbrico crecerá según

como sea la demanda y no hace falta realizar cambios en la infraestructura hasta que no alcance los límites. Desde el momento que alguna empresa privada o pública decida llevar a cabo el proyecto de la Isla de La Tortuga, este generará puestos de trabajos, en primer lugar a los lugareños, pero a parte de ellos un conjunto grande tanto de personal obrero como profesionales que incluyen ingenieros civiles, industriales, en computación, técnicos, gerentes, entre otros. No sólo durante el desempeño del mismo si no luego en la isla surgirán nuevos empleos, por ejemplo, puestos de administración, turismo, chefs, etc.

Resultados del estudio geográfico.

Del estudio geográfico expuesto en el marco teórico de las zonas donde se implementaran las radiobases se tomarán los datos más resaltantes:

En Cabo Codera no fue realizado un estudio exhaustivo de factibilidad geográfica, ya que en este cerro de 300 m de altura constituido principalmente de piedra caliza, se encuentran alojadas varias radiobases de las compañías más importantes de telecomunicaciones de Venezuela, lo que valida la factibilidad de hacer de éste, el punto de enlace con la Isla de La Tortuga. El lugar exacto donde será instalada la radiobase de Cabo Codera está ubicado cerca del faro en el punto más alto del cerro en las instalaciones de CANTV, que al ser un proyecto de interés social y desarrollo económico de áreas rurales, no presenta ninguna traba al hacer la petición de uso del espacio en las antenas. Las coordenadas exactas de esta radiobase son: $10^{\circ} 34' 26,6''$ N $66^{\circ} 03' 02,8''$ O.

El otro punto en tierra firme, donde se origina el enlace, es la capitanía de puerto en Carenero. En este punto la antena se colocará en el techo del edificio de la capitanía ya que el acceso a la fibra óptica de CANTV está facilitado en esta estructura y además la capitanía será el primer beneficiario del enlace con La Tortuga para el control y manejo de esta isla. Las coordenadas exactas de esta radiobase son $10^{\circ} 32' 06''$ N $66^{\circ} 06' 37''$ O.

Respecto al punto en la Isla de La Tortuga seleccionado para alojar la radiobase, está ubicado en las coordenadas $10^{\circ} 54' 27,8''$ N $65^{\circ} 18' 39,8''$ O, se puede decir que

está ubicado a unos 100 m de la costa lo que lo hace accesible pero no vulnerable a los azotes del mar. Fue elegido principalmente por ser el punto más alto de la isla lo que reduce la necesidad de antenas excesivamente grandes y costosas. La composición del suelo es de 70% roca caliza lo que supone firmeza para la sujeción de la antena de tipo ventcada que se pretende instalar. Esta zona está bajo la jurisdicción de la capitania de puerto de Carenero y no está clasificada como zona protegida por lo que la permisología para la instalación de la radiobase, será facilitada por la capitania. La pluviosidad en la isla es casi nula al igual que la acumulación de nubes dada la ausencia de montañas, lo que da muchas horas efectivas de radiación solar para alimentar el sistema de energía por fotoceldas que alimentará la radiobase. Los vientos durante tormentas pueden ser muy fuertes lo que hace necesaria la instalación de antenas robustas, una torre ventcada también robusta y una caseta de protección para los equipos.

Resultados de los aspectos legales concernientes a la investigación.

Al investigar sobre las normas que se deben seguir al realizar un sistema de comunicaciones, en primer lugar se busca el ente encargado de regir dichas normas, en el caso de Venezuela se encuentra la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL). El enlace Carenero - Cabo Codera con la Isla de La Tortuga por ser un sistema inalámbrico, debe acatar las normas del espectro radioeléctrico, que en el artículo 70,71,72 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones dispone que, la administración, regulación, ordenación y control del espectro radioeléctrico, incluye, entre otras facultades, la determinación del Cuadro Nacional de Bandas de Frecuencias CUNABAF, quedando este como un instrumento necesario para determinar los usos que deben darse a las bandas de frecuencias y así optimizar su uso a nivel nacional.

La CUNABAF, en su artículo 10 presenta la información correspondiente a las notas nacionales, donde indica que las frecuencias que se pueden utilizar para la operación de sistemas punto a punto varían entre 2,3 GHz y 23,6 GHz, con ciertas restricciones. En el diseño del sistema de telecomunicaciones se pueden utilizar tanto frecuencias licenciadas como no licenciadas según sea conveniente, debido a que este

enlace tiene la función de cumplir con las obligaciones de Servicio Universal previstas en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones. En el enlace de Carenero - Cabo Codera se elige la frecuencia de 5.725 MHz (5,725GHz). Esta frecuencia se encuentre en la banda libre, cumple con el artículo 10 v24 de la CUNABAF, y se toma esta frecuencia porque la mayoría de las antenas y equipos que se encuentran disponibles en el mercado trabajan a estas frecuencias, además por no requerir licencia tiene la ventaja de abaratar los costos del sistema. Por otra parte el enlace entre Cabo Codera - La Tortuga se opta por una frecuencia licenciada, debido a que en el cabo, se encuentran muchas radio bases que con sus transmisiones pueden presentar interferencias. Se elige la frecuencia de 5 GHz que cumple con el artículo 10 v22 de CUNABAF porque además de ser licenciada y brindar esa exclusividad, el enlace es muy particular porque se va a transmitir por encima del agua y esto genera pérdidas al sistema, pero para evitar esto se utiliza diversidad de espacio y de frecuencia. La diversidad de frecuencia está implícita al transmitir usando OFDM y los sistemas que utilizan esta modulación trabajan entre 5 y 5,7 GHz. El último tramo del sistema es el enlace interno en la isla, que es llamado Tortuga 1- Tortuga 2 y en esta parte se usa la frecuencia de 5,725 GHz al igual que en el primer enlace por ser una frecuencia en la banda libre.

Resultados fase 2.

Análisis de esquemas propuestos.

Se analizarán los siguientes escenarios de esquemas planteados, aunque siempre estuvo como tema principal el enlace de La Tortuga - Carenero, su configuración fue planteada de distintas formas.

Primero se observó la posibilidad de interconectar directamente la capitanía de puerto en Carenero con La Tortuga de la siguiente forma y mostrado en la figura 1.

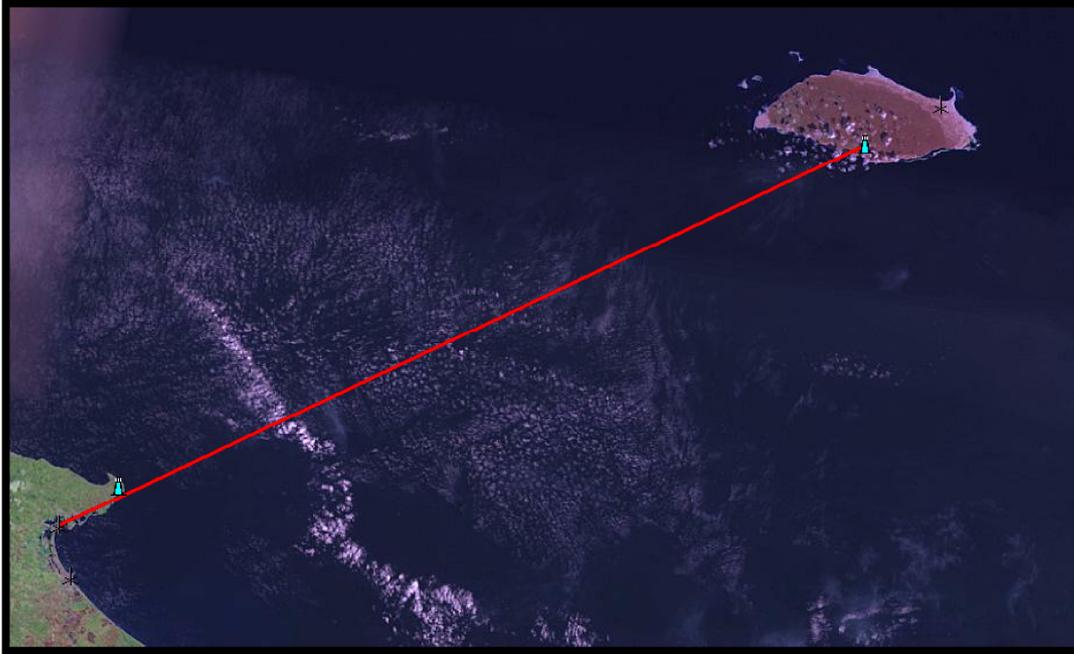


Figura 1. Prueba de enlace directo Carenero-La Tortuga Fuente Propia. Radio Mobile

Esta configuración fue descartada por no existir línea de vista entre los dos puntos a conectar, por lo que haría falta un repetidor.

Fue analizada también la posibilidad de interconectar Carenero con La Tortuga a través de Higuerote ya que es la ciudad más grande cerca y cuenta con todos los servicios de comunicaciones, esto se muestra en la figura 2. Pero se encontró que no hay ninguna elevación suficientemente alta para que sea factible colocar una antena de dimensiones prácticas.



Figura 2. Enlace directo Higuero-La Tortuga. Fuente propia. Radio Mobile

Definitivamente se constató de que sería necesario un repetidor en Cabo Codera, ya que además de ser el punto más cercano de La Tortuga con tierra firme es un cerro de alrededor de 300 m de altura lo que lo hace candidato perfecto para alojar una radiobase como se pudo observar en la visita ya que la mayoría de las compañías de telecomunicaciones grandes del país repiten o distribuyen desde ahí. El siguiente escenario, la figura 3, se plantea en caso de que no hubiera conexión de fibra óptica disponible en Cabo Codera por lo que se tendría una red Carenero - Higuero repitiendo en Cabo Codera hacia La Tortuga.

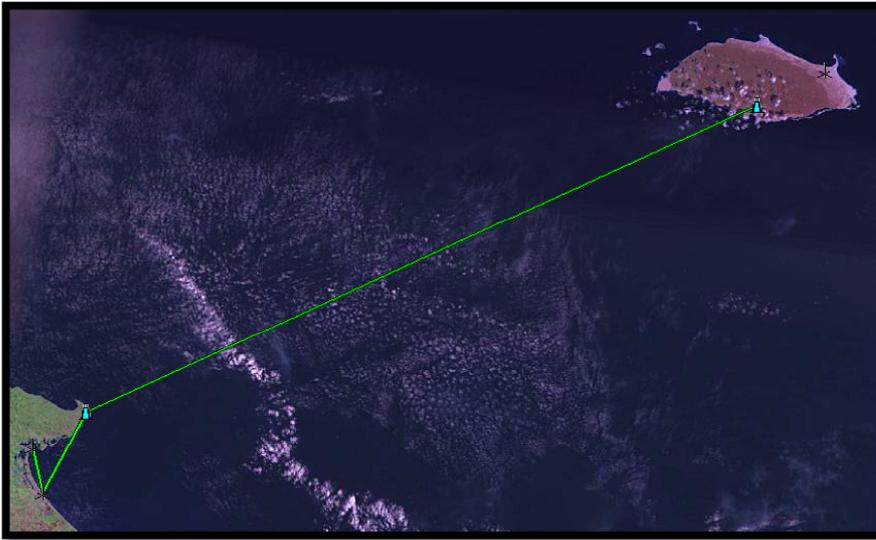


Figura 3. Enlace Carenero-Higuerote-Cabo Codera-La Tortuga. Fuente propia. Radio Mobile

Pero fue descartado ya que en Puerto Carenero existe la disponibilidad de fibra óptica perteneciente a la red nacional de CANTV así que después de analizar los esquemas propuestos el esquema definitivo se planteó de la siguiente manera, como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Enlace Carenero-Cabo Codera-La Tortuga. Fuente propia. Radio Mobile

Este esquema definitivo se propone de la siguiente manera:

Se tiene como punto de partida el edificio de la capitanía de puerto en Carenero. Cercano a este se encuentra un punto de distribución de CANTV de donde se tomará la conexión al convertidor óptico-eléctrico, de ahí se conectara con cable UTP, switch/router que estará en el tercer y último piso del edificio junto al clúster CMM del Canopy cuyo módulo Back Haul y antena estarán en un mástil de 5 m de altura en el techo lo que situará a la antena a 20 m del suelo.

La antena del edificio de la capitanía estará dirigida a una antena homóloga en Cabo Codera que estará conectado por cable UTP a un clúster CMM de Canopy dentro de una caseta junto con un Switch/Router para el acceso al manejo de la información, a su vez este se conectará a una unidad IFU marca Nera conectada por cable coaxial al aparato de radio integrado de cada una de las antenas de 3,7 m de diámetro de la misma marca. Juntas integran el sistema de diversidad espacial, estarán situadas en la torre auto sustentada de CANTV donde la más elevada estará a 20 m de altura del suelo y la otra 10 m, dirigidas ambas hacia la isla de la Tortuga.

En el punto más alto de la isla se encontrará un sistema idéntico al de Cabo Codera. La diferencia es que las antenas se colocarán en una torre venteada robusta de 20 m de altura y el sistema estará alimentado por celdas solares y baterías. La antena Canopy estará dirigida hacia punta delgada a 10 km de distancia, lugar que aloja a la mayoría de los habitantes de la isla. Se considera útil lograr en este punto el acceso al enlace para ofrecer internet a las 300 personas entre pescadores y turistas que puede haber en la isla al mismo tiempo en un día de Semana Santa o Carnaval. En este punto se colocará una torre venteada de 20 m de altura donde se alojará el Back Haul de Canopy de donde baja un cable UTP al clúster y de éste a un switch/router con antena para Wi-Fi capaz de distribuir la señal un kilómetro a la redonda. También se contará con una PC conectada al switch utilizado para el manejo de la red, todo esto situado en una caseta al pie de la antena y con alimentación por celdas solares y baterías.

Resultados fase 3.

Diseño esquemático del enlace y capacidad.

A continuación en la figura 5 presentamos un esquema del diseño final del enlace completo. Se pueden observar en detalle sus etapas, el enlace principal representado con línea discontinua azul, será escalable con los equipos mostrados hasta 100 Mbps por la capacidad de la unidad IFU cubriendo la necesidad de comunicación de unos 1600 usuarios aproximadamente. Sustituyendo este equipo por uno de mayor capacidad el sistema es escalable hasta 156 Mbps, unos 2500 usuarios (limitado por la capacidad del aparato de radio y las antenas NERA).

En cuanto al tráfico de los enlaces Canopy, representados en la Figura 5 con línea discontinua verde, que podrán ser manejados aparte de los usuarios regulares de ser necesario con una VPN (*Virtual Private Network*) exclusiva para uso oficial escalable hasta 32 Mbps para unos 500 usuarios que es la capacidad total actual del sistema mostrado.

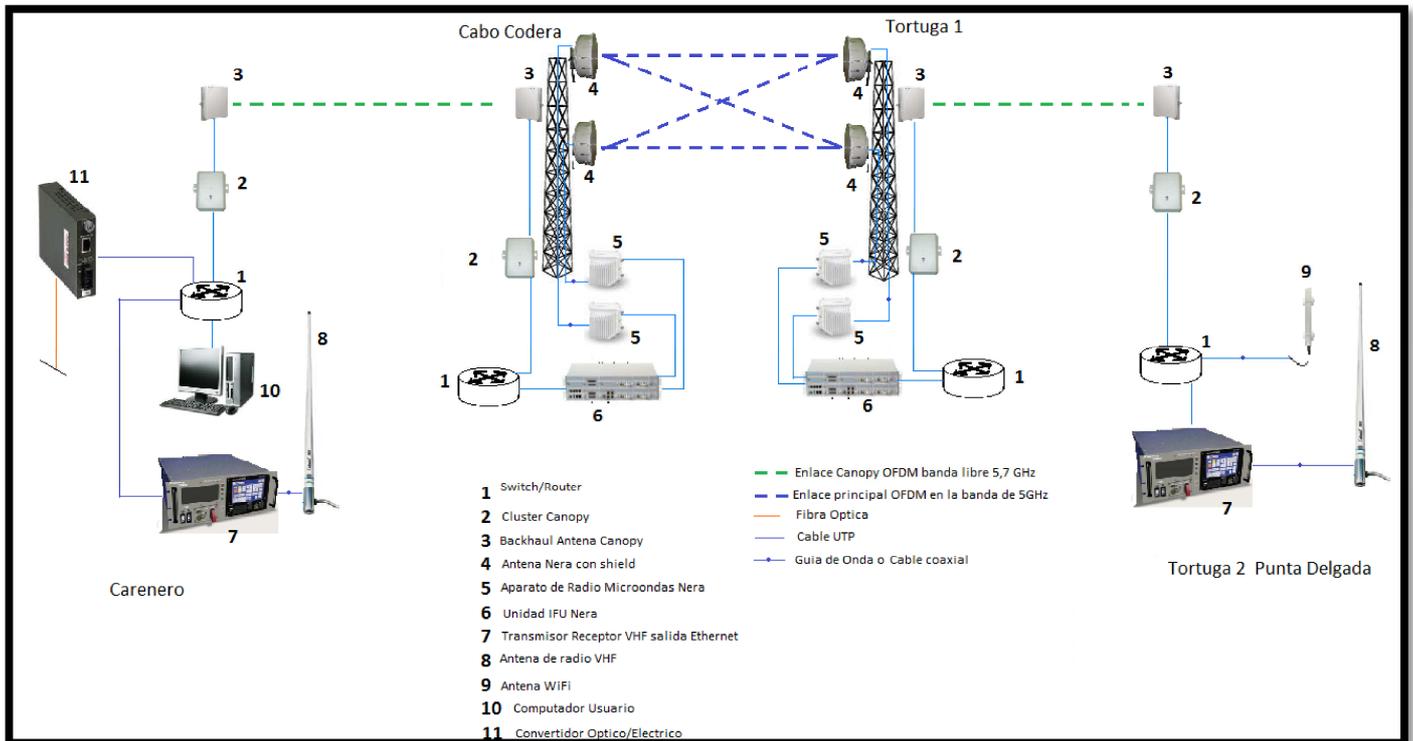


Figura 5. Esquema del enlace completo. Fuente propia.

Calculo y verificación de los enlaces

A continuación se muestran los resultados de los enlaces obtenidos en la evaluación a través del uso del *software* de simulación RADIOMOBILE. Este procedimiento comprueba el buen funcionamiento de los nodos. Véase la figura 6.

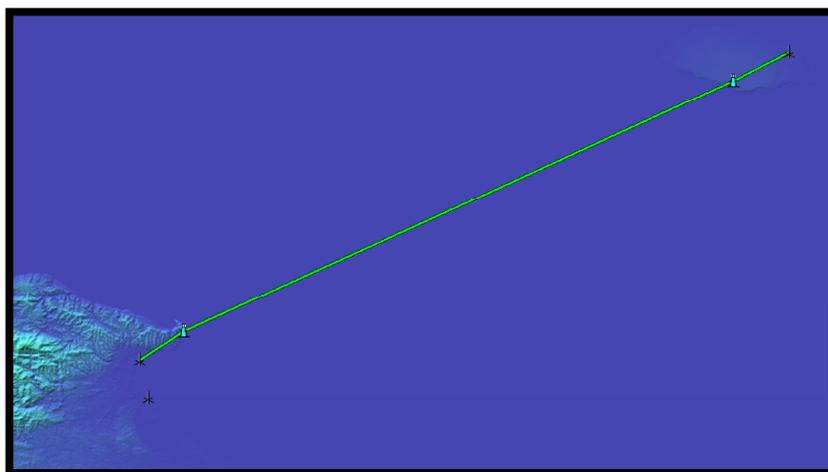


Figura 6. Enlace funcionando Carenero-Punta Delgada, La Tortuga. Fuente propia. Radio Mobile.

En las figuras siguientes se pueden observar los resultado obtenido en el análisis realizado con la herramienta *Enlace de Radio* que verifica los valores de potencia de transmisión y recepción, altura de las antenas, zona de Fresnel, frecuencia de trabajo, entre otros parámetros obtenidos de las especificaciones de los equipos. Estos son introducidos al programa y se corrobora que se cumpla con la potencia de recepción requerida para que el sistema funcione adecuadamente. En las figuras también se puede observar los nodos que conforman el enlace, unidos por una línea de color verde, indicativo de que el proceso de comunicación a nivel de radioenlace funciona óptimamente. A continuación se especificarán las características de cada uno de los 3 enlaces involucrados en el proceso.

Enlace Carenero – Cabo Codera: Este enlace cuya simulación se ve en la figura 7, se realizará desde la capitanía de puerto de Carenero hasta el Cerro Cabo Codera a 8 km de distancia. Se contratará un proveedor de servicios de internet o ISP que se encargara de garantizar un ancho de banda de 30 Mbps calculado en base a los potenciales usuarios actualmente existentes en la isla, que se calculó por estándar para alrededor de 500 usuarios simultáneos que requerirán 64 Kbps cada uno. Este enlace se realizará utilizando los Back Haul Canopy de Motorola, que transmiten en la banda de 5,7 GHz modulando en OFDM. Este sistema ofrece comunicación para la capitanía por medio de una VPN y el resto para usuarios civiles, es provisional y no escalable más que al 300%, ya que de crecer la población de la isla se deberá ubicar un mejor punto de acceso que Carenero, quedando este sistema exclusivamente para la capitanía.

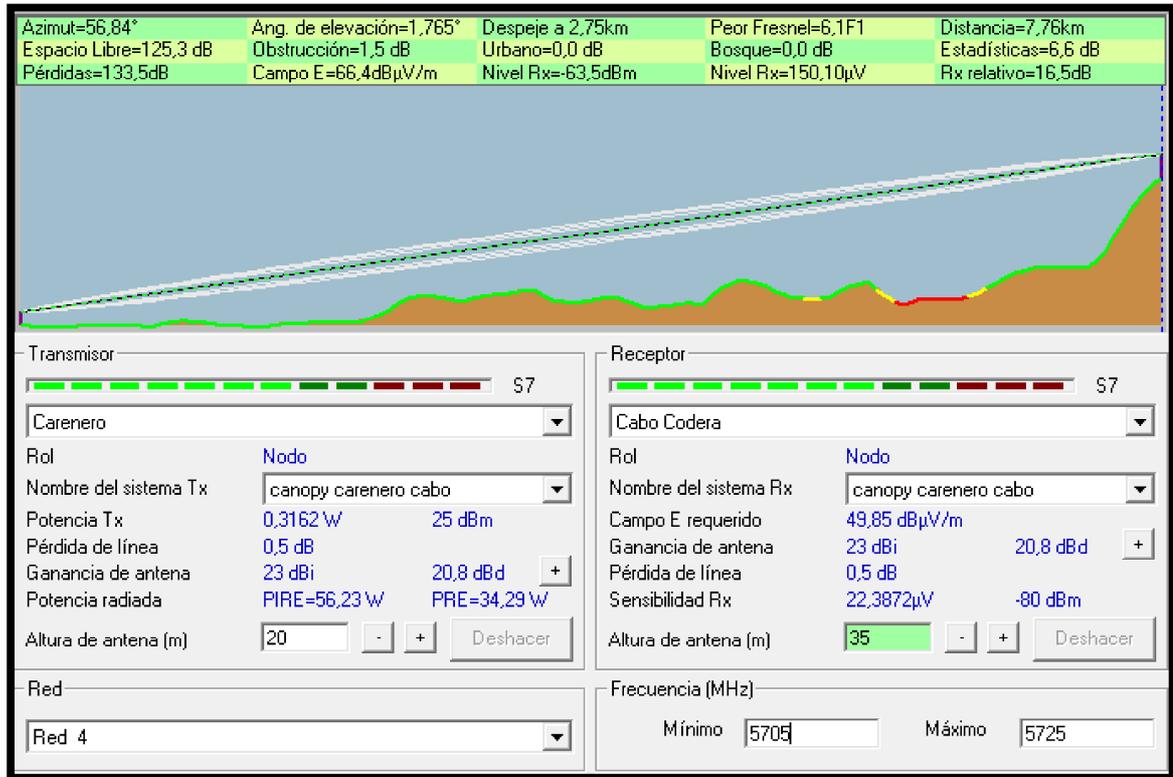


Figura 7. Simulación del enlace Carenero – Cabo Codera. Fuente propia. Radio Mobile

Para garantizar la primera zona de fresnel en el enlace Carenero – Cabo Codera se debe aplicar la fórmula 3, ya que aunque hay línea de vista, existen obstáculos en el camino como árboles y manglares.

$$R_n = 548 \cdot \sqrt{\frac{n \cdot d_1 \cdot d_2}{f \cdot d}} \quad (3)$$

Dónde:

R_n es el radio de la n ésima zona de Fresnel [m].

d_1 es la distancia desde el transmisor al objeto en [Km].

d_2 es la distancia desde el objeto al receptor en [Km].

d es la distancia total del enlace en [Km].

f es la frecuencia en [MHz].

Los valores para realizar esta operación se obtienen del *software* de simulación Radio Mobile.

$n=1$

$d_1= 2.76 \text{ Km}$

$d_2= 5 \text{ Km}$

$d= 7.76 \text{ Km}$

$f= 5725 \text{ MHz}$

$R_n= 9.66 \text{ metros}$

Con este resultado se garantiza la primera zona de fresnel ya que no existe ningún objeto que se encuentre a esta distancia o menos de la línea de vista entre la antena del Cabo y la antena de Carenero.

Enlace Cabo Codera – Isla de la Tortuga: Este enlace dedicado, mostrado en la figura 8, es el tema principal de este TEG. Las bases están separadas por 89 km de mar. Inicialmente servirá de repetidor a la estación de la capitanía de puerto de Carenero pero será escalable hasta 622 Mbps de ancho de banda total y transmitirá en banda licenciada de 5 GHz modulando en OFDM. Contando con las limitaciones del *software* de simulación RADIMOBILE se incluirá la técnica de diversidad espacial duplicando el número de antenas para transmisión y recepción. Cada antena de 3,7 m de diámetro estará igualmente orientada pero separada verticalmente 10 m de su homóloga calculados asegurando que las antenas estén desfasadas 180° en recepción correspondientes a un máximo y un mínimo de la señal, igualmente en la isla estará un arreglo idéntico al de Cabo Codera. Esta diversidad unida a la diversidad en frecuencia, característica a la modulación OFDM con multiportadoras, ofrecen una mejora igual a la multiplicación de la mejoras de cada diversidad por separado que no se refleja en la simulación. La razón de esta inclusión es combatir las pérdidas por desvanecimiento y lograr que la señal no se anule con la reflejada por el agua ya que si en una antena ocurre esto en la otra difícilmente pasará. El aparato de radio transmitirá a una potencia superior a los 5 Vatios. Este enlace está diseñado para ser el canal de información principal entre La Isla de La Tortuga y tierra firme al implementarse un proyecto de desarrollo turístico a gran escala.

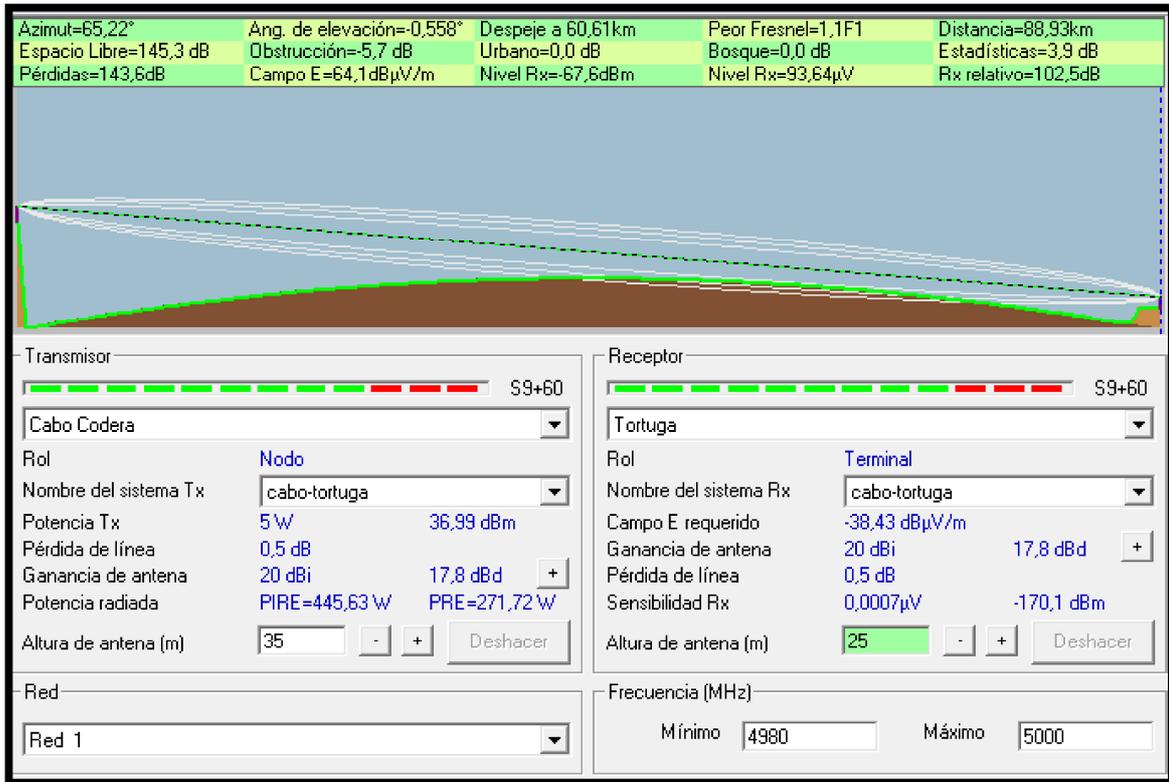


Figura 8. Simulación del enlace Cabo Codera-Tortuga 1. Fuente propia. Radio Mobile

Para garantizar la primera zona de fresnel en un enlace donde no hay obstáculos, se debe aplicar la fórmula número 3.

$$R_n = 548 \cdot \sqrt{\frac{n \cdot d_1 \cdot d_2}{f \cdot d}} \quad (3)$$

De los tres enlaces el único que no presenta obstáculos es el enlace de cabo codera hasta la isla de La Tortuga, aplicando la fórmula tenemos.

D= 88 Km

$f= 5 \text{ GHz}$

$r= 37\text{mts}$

Este radio calculado es la separación que debe existir entre la línea de vista y cualquier terreno u obstáculo presente, para este caso en particular el mar. Como Cabo Codera tiene una altura cercana a los 300 metros más los 35 metros de la altura de la torre y por otra parte el punto escogido para alojar la radiobase en la isla, está en una elevación del terreno de unos 50 metros más otros 25 metros de la torre se están garantizando los 37 metros de separación a lo largo de todo el trayecto del enlace.

Enlace Tortuga 1 con Tortuga 2 en punta delgada: Este enlace posee características idénticas al enlace Carenero – Cabo Codera, se utilizarán los mismos equipos, se transmitirá igual y se utilizará el mismo ancho de banda. Es de intención provisional y la única diferencia es que en la radiobase de Punta Delgada se colocará un Switch/Router con capacidad de otorgar señal Wi-Fi a los usuarios que se estipularon. El enlace se muestra en la figura 9.

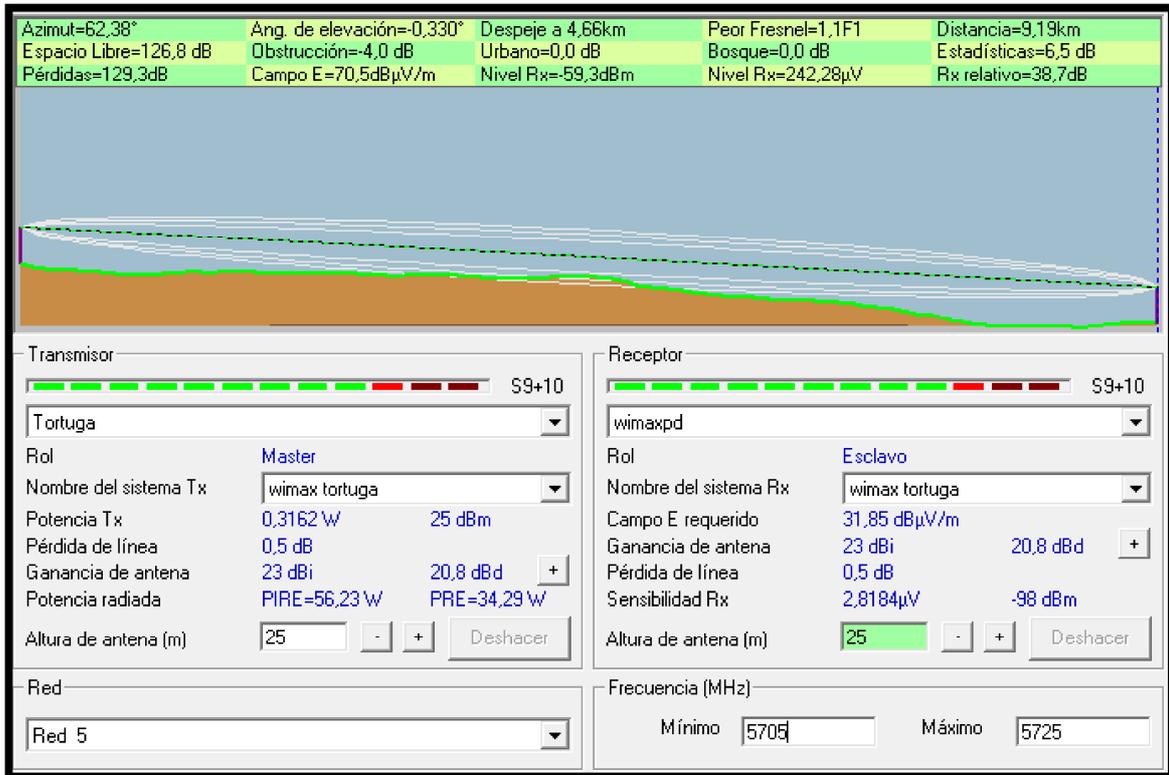


Figura 9. Simulación del enlace Tortuga 1-Tortuga 2. Fuente propia. Radio Mobile

Para garantizar la primera zona de fresnel en este último enlace (Tortuga 1 – Tortuga 2) se debe aplicar de igual manera la fórmula de R_n ya que en este espacio también hay línea de vista y obstáculos cerca de dicha línea.

$$R_n = 548 \cdot \sqrt{\frac{n \cdot d1 \cdot d2}{f \cdot d}} \quad (3)$$

Dónde:

R_n es el radio de la n ésima zona de Fresnel [m].

$d1$ es la distancia desde el transmisor al objeto en [Km].

$d2$ es la distancia desde el objeto al receptor en [Km].

d es la distancia total del enlace en [Km].

f es la frecuencia en [MHz].

$$n=1$$

$$d1= 4.66 \text{ Km}$$

$$d2= 4.53 \text{ Km}$$

$$d= 9.19 \text{ Km}$$

$$f= 5725 \text{ MHz}$$

$$Rn= 10.98 \text{ mts}$$

Con este resultado se garantiza la primera zona de fresnel ya que las antenas tienen una altura de 25 metros cada una y la isla es bastante plana.

Resultados de equipos.

A continuación en la tabla 1 se muestran las especificaciones de los equipos que se eligen para el diseño de los enlaces.

Tabla 1. Equipos seleccionados y sus características. Fuente propia.

Equipo	Características	
Switch capa 3	Modelo	Planet XGS3-24040 Layer 3 Managed Stackable Switch
	Puertos	24 10/ 100/1000Base-T RJ-45 Auto-MDI/MDI-X ports
	Velocidad de switch	128 Gbps
	Interfaces de capa 3	500
	Fuente de poder	AC: 100 ~ 240VAC, 50 / 60Hz,
	Consumo Max	100 W
Antena Canopy	Modelo	Motorola PTP 58600
	Banda de frecuencia	5.470 GHz–5.725 GHz
	Tamaño max. del canal	30 MHz
	Potencia de transmisión	25dbm
	Ganancia	23 dBi
	Dimensiones	(370x370x95)mm
	Sensibilidad	Varía entre -98dBm y -58dBm
Fuente de poder	90–240 VAC, 50–60 Hz	
Interface Unit (IFU)	Banda de frecuencia	4,4 GHz - 5 GHz
	Tamaño max. del canal	40 MHz
	Máximo nivel de recepción	-17 dBm
	velocidad de transmisión	155 Mb/s
	Poder de transmisión	30 dBm
	Consumo max	65 W
Computadora	Procesador	Intel core 2 Dúo Mobile
	Sistema Operativo	Microsoft Windows 7
	Memoria RAM	2 Gb
	Disco Duro	320 Gb
	Conectividad inalámbrica	802.11/b,n,g WLAN
Equipo de Radio y antena Nera	Modelo	Nera 4,4 Ghz-5Ghz
	Tamaño max. del canal	40 MHz
	Velocidad de transmisión	155 Mb/s
	Ganancia	103.5 dB
	VER	73,5 dBm
	Consumo max	65 W

Adicionalmente a estos equipos se plantea la posibilidad de instalar un transmisor y receptor de radio en frecuencia VHF marina modelo **721S VHF-UHF** de la marca RockwellCollins que colocado en la tortuga recibiría todas las transmisiones de radio de

las embarcaciones cercanas y las digitalizaría para enviarlas por el enlace hacia Carenero donde un equipo homologa las reproduciría, igualmente serviría en el sentido Carenero-La Tortuga para transmisión, extendiendo el rango de alcance de las comunicaciones radiales en el mar.

Alimentación de los equipos.

Para la elección de la mejor forma de alimentación se calculó un estimado de los consumos en cada radiobase por separado (mostrado en la tabla 2), luego se analizaron varias opciones disponibles, de las cuales se expondrán los pros y los contras que contribuyeron a su descarte o elección.

Tabla 2. Estimado de los consumos en cada radiobase. Fuente propia

carenero	watts	voltaje	consumo Amp/h
Transceiver	50	110	0,45
switch/router	70	110	0,64
Ap. Radio	65	110	0,59
Alumbrado	50	110	0,45
aparatos extra	1000	110	9,09
			11,23

tortuga 1	watts	voltaje	consumo Amp/h
switch/router	70	110	0,64
Ap. Radio	65	110	0,59
Ap.radioWiMAX	40	110	0,36
conexión extra	200	110	1,82
			3,41

tortuga 2	watts	voltaje	consumo Amp/h
pc	150	110	1,36
switch/router Wi-Fi	100	110	0,91
Ap.radioWiMAX	2	110	0,02
conexión extra	100	110	0,91
			3,20

Cabo Codera	watts	voltaje	consumo Amp/h
switch/router	70	110	0,6
Ap. Radio	65	110	0,6
alumbrado	2	110	0,0
Ap.RadioCanopy	40	110	0,4
conexión extra	200	110	1,8
			3,4

Dados estos consumos por radiobase estimados, en primer lugar se evaluó la posible utilización del servicio de energía eléctrica nacional por tendido eléctrico, y fue posible contar con él para las instalaciones de puerto Carenero y también en Cabo Codera las

cuales serán enteramente alimentadas por esta vía. Se contratará el servicio a la compañía eléctrica CORPOELEC que no necesitará de consideraciones especiales ya que el contrato de servicio será igual que el de una residencia de bajo consumo mensual.

En segundo lugar, se constató que en la Isla de La Tortuga no existía ningún tipo de suministro energético por lo que se necesitaría un modo de alimentación para las radiobases de esa zona. Se estudiaron las formas de energía alternativa más utilizadas en instalaciones remotas, entre ellas está la alimentación por medio de generadores eléctricos con motores de combustión interna o **plantas eléctricas**; que a pesar de ser relativamente económicas, de fácil instalación y de mucha potencia, fue descartada principalmente esta opción por necesitar de un suministro constante de combustible, lo que en las condiciones de la isla es muy poco práctico.

También se evaluó la posibilidad de alimentar los sistemas con **generadores eólicos** cuya energía es limpia y los equipos de bajo mantenimiento, aunque fue descartada así como los **generadores por oleaje** porque para que ofrezcan un suministro constante y suficiente a las demandas de la radiobase, las instalaciones serían de gran tamaño y sumamente costosas, lo que no las descarta como excelentes opciones de energía alternativa, solo poco prácticas para alimentar radiobases de estas características.

El tipo de energía alternativa seleccionado para la alimentación de las radiobases de la Isla de La Tortuga, serán dos sistemas gemelos híbridos (uno para cada radiobase) de celdas fotovoltaicas con bancos de baterías. Este sistema, cuyos equipos se muestran en la tabla 3, se conformará de cuatro partes: La primera serán los paneles solares que transformaran la energía de la radiación solar en energía eléctrica intermitente de acuerdo a las variaciones de luminosidad, la segunda parte la conformaran los rectificadores de corriente, que estabilizarán y acotarán el voltaje de las celdas a un voltaje utilizable para la carga de los acumuladores o baterías que serán la tercera parte del sistema; éstos proveerán una fuente de energía continua en casos de largas ausencias de luz solar como en la noche o durante lluvias, entregando la corriente a los inversores. Por último la cuarta parte serán los equipos inversores que transformaran la corriente continua de las

baterías a corriente alterna a 110 Voltios con la que se alimentarán los aparatos de la radiobase, los equipos a utilizar para el sistema de alimentación por celdas fotovoltaicas son los siguientes.

Tabla 3. Equipos del sistema fotovoltaico. Fuente propia.

equipos	marca	tipo	potencia	voltaje max	corriente	cantidad	precio unitario
paneles solares	Sanyo	silicio serie HIT 215	200 Watts	5 Voltios	40 Amp	2	11000 BsF
rectificadores	Sanyo	integrados al panel	600 Watts	14 Voltios	40 Amp	2	600 BsF
baterías	Duncan	descarga profunda	1900 Watts	12 Voltios	160 Amp	4	4300 BsF
inversores	Avetek	PHP 2424	2400 Watts	110 Voltios	21 Amp	1	4000 BsF

Este sistema será capaz de proveer hasta 21 Amperes continuos por más de 15 horas lo que para un requerimiento promedio como el de las radiobases de poco más de 3 Amper/hora significan aproximadamente 4 días continuos en ausencia de luz solar.

Estudio económico.

A continuación se presenta en la tabla 4, un presupuesto de los equipos técnicos necesarios para implementar el sistema. Es importante destacar que este presupuesto se presenta el costo de los equipos de telecomunicaciones, de energía alterna y torres así como los presupuestos de contratación mensual del servicio provisional de internet banda ancha, no se tomaron en cuenta los costos adicionales más variables como cables ni herramientas necesarias para la instalación, personal obrero, transporte de material o facturación de luz para los edificios involucrados.

Tabla 4. Presupuesto de Equipos. Fuente propia.

Equipo	Modelo	Precio \$	Precio Bsf	Cantidad	Total BsF
Switch	Planet capa 3	4000	17200	4	68800
Back Haul Ant (Par)	Motorola PTP 58600	16000	68800	2	137600
Antena, radio e IFU	NERA 4,4Ghz-5 Ghz	12000	51600	2	103200
Computadora	HP Pavillion	-	7000	4	28000
Torres	Torre Venteada 20mts	-	150.000	3	450.000
	Mástil de 6mts	-	5.000	1	5000
Equipo de radio VHF	721S VHF-UHF Receiver-Transmitter	2500	10750	2	21500
Paneles solares	Silicio serie HIT 215	-	12000	4	48000
Rectificadores	integrados al panel	-	600	4	2400
Baterias	descarga profunda	-	4300	8	34400
Inversores	PHP 2424	-	4000	2	8000
Instalación de servicio de internet	IFX Networks	-	12900	1	12900
Costo mensual de servicio de internet	IFX Networks	-	42000	1	42000
Total					961800

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La realización de este Trabajo Especial de Grado fue con el objeto de diseñar un enlace de microondas que interconectará la isla de La Tortuga con el puerto de Carenero del Municipio Brión del Estado Miranda. Luego de la realización de este proyecto se pudo llegar a varias conclusiones, descritas a continuación.

Según los análisis realizados, se encontró que el enlace es totalmente factible dentro del rango de costos que se estipularon en este trabajo gracias a que fueron estudiadas todas las posibles causas que dificultarían la instalación del tipo de infraestructura que se sugirió colocar. Estas posibles dificultades fueron sorteadas eligiendo equipos y tecnologías adecuadas específicamente a las características y requerimientos de este enlace.

Se diseñó efectivamente un enlace microondas dedicado entre Carenero y La Isla de La Tortuga en tres etapas que conectan específicamente La Capitanía de Puerto Carenero con Punta Delgada en la Isla, estas etapas fueron necesarias por la no coincidencia entre los puntos importantes a conectar y las mejores zonas para que el enlace fuera factible.

La escalabilidad del enlace calculando un requerimiento por usuario de 64 Kbps es posible en diferentes grados correspondientes a las etapas del mismo. El enlace principal Cabo Codera- La Tortuga 1 tiene una capacidad de tráfico de hasta 100 Mbps significando aproximadamente 1560 usuarios con servicio de datos para telefonía IP o INTERNET, con un cambio de la unidad IFU podría crecer hasta 156 Mbps significando aproximadamente 2500 usuarios con la misma capacidad de servicio. Los enlaces secundarios Canopy, son junto con la contratación del servicio de INTERNET, la limitante actual del sistema con una capacidad de tráfico máxima de 32 Mbps, aproximadamente unos 500 usuarios, número que excede por mucho la población actual de la isla.

Para la instalación de servicios de telefonía móvil a través de este enlace solo haría falta que las compañías de telefonía móvil y fija de Venezuela solicitaran o alquilaran el espacio dentro del enlace principal colocando además celdas de distribución en las antenas una vez instaladas, aunque por ahora no existe una cantidad importante de pobladores fijos en la isla lo que demoraría este suceso.

Fue incluido en el diseño un sistema de difusión radial con frecuencia marina VHF, que se apoyara en la transmisión digital del enlace para extender el rango de alcance de las comunicaciones marítimas tanto civiles como militares, aumentando la seguridad en la navegación deportiva y de la guardia costera.

Principalmente la motivación de este proyecto surge de la necesidad de promover el desarrollo turístico ecológico, que a ojos extranjeros el turismo en Venezuela se caracteriza por la incertidumbre y el riesgo. El turismo ecológico es un rentable negocio en muchas partes del mundo pero en Venezuela escasean las iniciativas ambiciosas para realizar proyectos en materia del turismo correctamente estructurados, cuya fracción referente a las comunicaciones se espera cubrir con este. Existen muchos beneficios posibles que pudieran salir de un desarrollo turístico en La Tortuga como miles de puestos de trabajo con educación y entrenamiento, viviendas, y calidad de vida en general para las personas del estado Miranda candidatas a hacer vida en La Tortuga.

En un mundo tan globalizado como en el que estamos es obligante sin importar el tipo de empresa o lo remoto de ésta, el estar conectados. Esto en un sentido amplio quiere decir que ningún proyecto bien sea turístico o de cualquier índole se realiza sin tomar en cuenta la comunicación por lo que es importante tomarlo como prioritario si se quiere lograr la motivación al desarrollo de empresas turísticas en cualquier lugar de difícil acceso.

Para cumplir los objetivos planteados se eligieron equipos de uso regular y de valor estándar para que la realización del mismo no significará la creación de un sistema ideal sino real, esperándose que fuese atractivo a patrocinantes, que apoyados en este trabajo

sientan que es fácilmente implementable a mediano plazo un enlace de microondas con La Tortuga, concediendo beneficios inmediatos a los visitantes y pobladores de la isla.

Hoy en día el mundo de las telecomunicaciones es sumamente amplio y existen muchas opciones a la hora de querer materializar un proyecto como este, por lo que hay que tener cuidado en encontrar el equilibrio óptimo entre la economía y la funcionalidad ya que estar por debajo de lo requerido cuesta dinero y sobre dimensionar también.

En la estimación de costos expuesta se señalan los equipos de *hardware* que el diseño requiere. Estos se consideraron en base a precio y prestaciones, buscando conseguir un balance entre ambos. No es imperativo el uso de estas marcas y modelos en específico, más si es necesario cumplir con los requerimientos mínimos del enlace, establecidos durante el diseño.

El diseño de los enlaces planteados en este trabajo, fueron comprobados y calculados utilizando la herramienta de *software* RADIOMOBILE que es de alcance público y que a pesar de presentar ciertas limitaciones (como toda simulación que pretenda la realidad) se llega a la conclusión de que el diseño cumple con las expectativas y las necesidades estipuladas a lo largo del proyecto.

Recomendaciones

Al momento de utilizar la herramienta RADIO MOBILE es recomendable cerciorarse de que exista la línea de vista entre los puntos de estudio, ya que este programa no muestra construcciones, edificios u obstáculos que se deban considerar al momento de crear un enlace. La zona de estudio que compete a este proyecto es marítima y abierta y en la actualidad no presenta obstáculos. Se recomienda, en el momento que se desee implementar este proyecto, verificar que las condiciones que se asumen en la actualidad sigan siendo las mismas, y en caso de que hayan cambiado, deben ser consideradas y realizar los ajustes necesarios al diseño.

De igual manera, se recomienda al momento de la implementación, realizar una actualización de las opciones de equipos en el mercado para ese momento, ya que dependiendo del tiempo entre la realización de este Trabajo Especial de Grado y su posible puesta en práctica, pueden haber surgido nuevos equipos con nuevas tecnologías más económicos o sencillamente mejor adaptados a este tipo de enlace, que satisfagan óptimamente los requerimientos de los enlaces.

Se recomienda en general al tratar diseños de enlaces como este, que será para beneficios mayores a futuro en zonas remotas como La Tortuga, proveer servicios preliminares con un sistema provisional de menor capacidad que asegure el funcionamiento del enlace y lo ponga a prueba durante un largo periodo mientras crece la demanda del mismo en el sitio, permitiendo resolver pormenores que no signifiquen ceses de servicio en épocas donde su funcionamiento sea una necesidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(s.f.).

Construible. (12 de Enero de 2007). Recuperado el 5 de Febrero de 2010, de <http://www.construible.es/noticiasDetalle.aspx?c=16&idm=157&m=21&n2=20&paτ=20>

PortalSolar. (2007). Recuperado el 11 de Febrero de 2010, de <http://www.portalsolar.com/energia-solar-paneles-solares.html>

Universidad de Chile. (2008). Recuperado el 14 de Febrero de 2010, de <http://toip.uchile.cl/mediawiki/upload/e/c5/AnexoFG-Marcomun.pdf>

Universidad Nacional del Rosario. (2008). Recuperado el 13 de Febrero de 2010, de <http://www.eie.fccia.unr.edu.ar/ftp/Radioenlaces/1514.PDF>

wikipedia. (27 de Agosto de 2009). Recuperado el 12 de Febrero de 2010, de [es.wikipedia.org/Isla La Tortuga](http://es.wikipedia.org/Isla%20La%20Tortuga)

Cervigón, F. (1992). *Las Dependencias Federales*. Puerto La Cruz: Fundación La Tortuga.

Fernández, F., & Fernández, M. (2008). *Satelites Artificiales*. Mendoza: Tomas Godoy Cruz.

Fernández, L. C. (2005). *Tecnologías y Servicios para la sociedad de la información, WiMAX: Aplicaciones y Perspectivas*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Martínez, E. (2002). *El ABC de las Telecomunicaciones*. RED.

Mesa, W. (2009). *Rincon del Vago*. Recuperado el 12 de Febrero de 2010, de http://html.rincondelvago.com/energia_46.html

Omási. (2003). *Radioenlaces Teoria*.

qsl.net. (s.f.). Recuperado el 16 de Febrero de 2010, de <http://www.qsl.net/lu9aum/diversidad.htm>.

Ramírez, Y. (2008). *Telecomunicaciones en las empresas*. Barquisimeto: UYacambú.

Sánchez-Vega, A. (2009). *Teoría de Antenas*. Caracas.

Solo Ciencia. (s.f.). Recuperado el 11 de Febrero de 2010, de http://www.solociencia.com/temas_energia/otras_fuentes_energia_renovables.htm

Téllez, Y. (9 de Abril de 2005). *monografias.com*. Recuperado el 12 de Febrero de 2010, de <http://www.monografias.com/trabajos25/energia-renovable/energia-renovable.shtml>.

Universidad de vigo. (s.f.). Recuperado el 12 de Febrero de 2010, de www.grp.tsc.uvigo.es/rtvs/docs/tema1.pdf

ANEXOS



Figura A 1. Vista satelital de Cabo Codera. Fuente Google Earth



Figura A 2. Vista satelital de Carenero. Fuente Google Earth



Figura A 3. Vista satelital de La Tortuga. Fuente Google Earth



Figura A 4. Isla de la Tortuga. Fuente propia.



Figura A 5. Isla de la Tortuga. Fuente propia.



Figura A 6. Antena en Cabo Codera. Fuente propia.



Figura A 7. Radiobase Cabo Codera. Fuente propia.



Figura A 8. Antena CANTV en Cabo Codera. Fuente propia.



Figura A 9. Tendido eléctrico en Cabo Codera Fuente propia.



Figura A 10. Antena en Cabo Codera. Fuente propia.



Figura A 11. Vista de Carenero desde El Cabo. Fuente propia.



Figura A 12. Antenas en El Cabo Codera. Fuente propia.



Figura A 13. Aterramiento del Radiofaro en Cabo Codera. Fuente propia.



Figura A 14. Radiofaro Cabo Codera. Fuente propia.



Figura A 15. Antena CANTV en Higuero. Fuente propia



Figura A 16. Camino al Cabo Codera. Fuente propia.

Artículo de www.cantv.com.ve

Movilnet llega hasta archipiélago Los Monjes

11/02/2009



Movilnet sigue afianzando la cobertura en todo el territorio nacional, ampliando su señal en cada rincón del país.

La estatal de telefonía móvil contribuye con la Fuerza Armada Nacional en el fortalecimiento de la seguridad y soberanía del país. En el archipiélago Los Monjes, ubicado a unos 40 kilómetros al noreste del estado Zulia, fue instalada una radiobase de la señal que nos une, garantizando las telecomunicaciones de los militares encargados de resguardar la costa venezolana y del tráfico marítimo que transita por el golfo de Venezuela.

Con 1349 estaciones CDMA y 1140 GSM distribuidas en todo el territorio nacional, Movilnet, filial de la Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (Cantv), sumó un nuevo logro en su objetivo de llevar la señal de telefonía móvil a todos los rincones de Venezuela, al instalar una radiobase en el archipiélago Los Monjes, un grupo de rocas e islotes con presencia de efectivos militares de la Fuerza Armada Nacional encargados de resguardar la costa venezolana.

“Es importantísimo que Movilnet esté con nosotros en los puestos fronterizos, como en La Orchila, Las Aves y ahora en Los Monjes. Están fortaleciendo la agenda para defender nuestra soberanía. Movilnet y la Fuerza Armada Nacional Bolivariana estamos dando un gran paso para la Nación, haciendo mucha Patria para Venezuela”, afirmó el Contraalmirante José Avelino Goncalves Goncalves, comandante de la zona Naval de Occidente.

El archipiélago Los Monjes se encuentra ubicado en mar abierto y a unos 40 kilómetros al noreste del estado Zulia en el golfo de Venezuela, frontera con la República de Colombia. Allí funciona la Estación Secundaria de Guardacostas Capitán de Navío Felipe Batista, integrada por efectivos militares que mantienen el control del tráfico marítimo que transita por esa zona, en especial buques petroleros.

“Estar comunicados es de suma importancia, nos encontramos a una distancia de 62 millas náuticas que en buque son 4 hora y media, en helicóptero estamos a 40 minutos de vuelo, si existe alguna emergencia podemos llamar por el celular inmediatamente para atenderla; Movilnet ha hecho realidad este proyecto, un proyecto bien interesante que se basa en tener todo el Caribe, nuestro mar territorial comunicado”, indicó Goncalves Goncalves.

La radiobase colocada en Los Monjes comenzó a prestar sus servicios el 19 de diciembre del año 2008, luego de seis meses de trabajo a cargo de la Dirección de Expansión de Movilnet, responsable de la construcción, instalación y puesta al aire de la nueva estación. El Comandante de la base guardacostas, Teniente de Navío Donal Rasse Romero, relató de esta manera el significado de este nuevo logro de Movilnet: “Por su ubicación geoestratégica, Los Monjes reviste de gran importancia para el Estado venezolano”.

También destacó que la estación militar sirve de protección del Centro de Refinación Paraguaná, en el estado Falcón. “La faena diaria que se cumple aquí consiste en preservar la seguridad de la vida humana en el mar, trabajar mancomunadamente con el tráfico pesquero que labora en las aguas jurisdiccionales y mantiene a su vez un control de la frontera marítima con la guajira colombiana”, explicó Rasse Romero.

Movilnet se expande y cumple con todos los venezolanos

Por las características de esta radiobase, la transmisión de los datos y de las llamadas telefónicas que van de la estación Los Monjes a la central se realizan vía satélite. Se tiene previsto que en un breve plazo, la estatal de telefonía móvil comience a utilizar el satélite Simón Bolívar para dichas transmisiones

Daniel Hernández, gerente de Operaciones y Mantenimiento de la Red de Acceso de Occidente Movilnet, resaltó el avance que significa este logro para Venezuela: “Movilnet está trabajando para llevar las comunicaciones a los puntos más recónditos del país; para nosotros fue una gran satisfacción haber llevado a cabo la obra”.

“Además de los militares apostados en Los Monjes se beneficiarán los pescadores que circulan por la zona”, agregó Jovanny Granda Morales, especialista en Telecomunicaciones Red de Acceso Occidente.

Venezolanos hacen patria en Los Monjes

El Teniente de Navío Donal Rasse Romero se refirió al cambio que significa para él y sus compañeros contar con telecomunicaciones. “Nosotros no teníamos ningún tipo de comunicación directa con nuestras familias, permanecíamos treinta días aislados, la única comunicación que se establecía era con la Fuerza Armada Nacional”.

“Esto ha sido un gran avance, para el ejercicio cotidiano de nuestras funciones y a su vez para prestar un mejor servicio a la comunidad pesquera. Cuando se presente algún imprevisto pueden establecer comunicación directa con este comando y desde acá establecer comunicación con las unidades de la guarnición ubicada en Punto Fijo para prestarles el auxilio inmediato”, opinó el Teniente de Navío Rasse Romero.

Yosmar José Contreras Pérez, jefe del Área de Motores, llegó a Los Monjes el 13 de agosto de 2007. Dice estar muy satisfecho “con este nuevo paso que da Movilnet para el

desarrollo del país”. “No sólo eso, ahora puedo estar en contacto diario con mi familia a través de llamadas y mensajes de textos”, agrega.

Con la expansión de su señal, Movilnet impulsa una vez más el desarrollo social y económico de Venezuela y contribuye con la seguridad y la soberanía nacional. El comandante naval de Occidente eligió estas palabras para referirse a las transformaciones de Movilnet y del país: “La empresa hoy día está en manos de la revolución y se está viendo la diferencia que ha marcado con las otras compañías en este mercado demostrando que aquí sí se pueden hacer bien las cosas”, manifestó.

Situación de la Armada Venezolana en La Tortuga



Figura A 17. Comando de Guardacostas de la Armada Venezolana en la Tortuga. Fuente www.armada.mil.ve

En la Figura A 17 se muestra el comando actual de la Guardia Costera en punta delgada en la Isla de La Tortuga.