



## **Máster en Redes de Telecomunicación para Países en Desarrollo**

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE  
TELECOMUNICACIÓN

### **TRABAJO DE FIN DE MASTER**

ESTUDIO Y PLANIFICACIÓN DE IMPLEMENTACIÓN  
DE UNA RED WIFI QUE OFRECE CONECTIVIDAD A  
EXTENSIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE PANAMÁ Y  
MISIÓN AGUSTINO RECOLETA EN LA SELVA  
KANKINTÚ.

Autor: Darian J. Rodríguez Del Carmen

Tutor: Julio Ramiro Bargeño

Curso académico 2011/2012

## ACTA DE EVALUACIÓN

Alumno:  
Titulación:  
Título del trabajo:

Tutor:  
Co-Tutor (en caso de que exista):

### TRIBUNAL

Presidente:  
Vocal:  
Secretario:

### CALIFICACIÓN DETALLADA DEL TRABAJO

Presidente	Vocal	Secretario

### CALIFICACIÓN FINAL DEL TRABAJO:

(nota numérica)	<b>SB/ NOT/ AP/ SS/ NP</b> Enmarcar la calificación alcanzada
-----------------	--

TRABAJO PROPUESTO PARA MATRÍCULA DE HONOR: SÍ/NO  
(Sólo si la nota numérica final es igual a 10)

Fuenlabrada, de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

El Presidente

El Vocal

El Secretario

## Resumen

En este trabajo se estudia la viabilidad de implementación de una red de comunicación en la comarca indígena Kankintú al norte de Panamá. Comunidad donde funciona un colegio (educación desde primaria hasta secundaria), una extensión de la Universidad de Panamá, una misión de padres agustinos quienes trabajan en pro del desarrollo de la comarca, y un centro de salud que atiende a más de 20,000 personas de la zona.

Actualmente en la comarca no existen medios de telecomunicaciones efectivos que les permitan a los precursores de desarrollo de la comarca tener comunicación en tiempo real y de calidad con el exterior de Kankintú, lo cual dificulta la logística en acciones de la universidad, el centro de salud y los padres agustinos.

Con el objetivo de:

- Mejorar la comunicación de Kankintú con el exterior de la comarca.
- La mejora en las atenciones del centro de salud, por la facilidad de coordinación con médicos especialistas.
- Permitir a los profesores y alumnos del colegio el acceso a un mundo de contenidos disponibles en internet.

Se ha evaluado y diseñado un sistema de comunicaciones de bajo coste adaptado a la situación real del entorno de la zona. Con su respectivo sistema de producción y almacenamiento eléctrico con un sistema fotovoltaico que hace nuestro sistema independiente de alimentación eléctrica externa.



# Índice general

<b>Estado del arte.....</b>	<b>5</b>
Aportes importantes.....	5
<b>Objetivos de nuestra intervención.....</b>	<b>7</b>
Objetivos principales.....	7
Objetivos secundarios.....	7
<b>Panamá y zona indígena.....</b>	<b>8</b>
Kankintú .....	9
<b>Estudio y resolución del problema.....</b>	<b>11</b>
El problema .....	11
Involucrados e interesados en el proyecto.....	12
La solución .....	13
Alternativas.....	14
Solución al problema .....	15
La red .....	15
Distribución de conectividad en Kankintú .....	23
Protección eléctrica de localidades .....	24
Dimensionado de la red.....	24
Esquemático de red .....	26
<b>Dimensionado PV de los enlaces WiFi.....</b>	<b>27</b>
Dimensionado Centro de cómputos .....	32
<b>Equipos .....</b>	<b>33</b>
Equipos de telecomunicación .....	33
Ubiquiti Rocket M5 .....	33
Ubiquiti rocketdish.....	34
Ubiquiti Airgrid M5 .....	35
Ubiquiti Bullet M2.....	36
Ubiquiti picostation.....	37
Router Tplink.....	38
Mini ordenador Cubox .....	39
Conectores ATA Granstream.....	40
Power over ethernet (POE) activos y pasivos 24V .....	40

Cables UTP con conectores.....	41
Cajas de intemperie .....	41
Torres y mástiles .....	42
Protección eléctrica (torres y localidades).....	42
Sistema fotovoltaico y alimentacion electrica .....	43
<b>Ejecución de proyecto .....</b>	<b>43</b>
Ejecución .....	44
Verificación de línea de vista y condiciones del terreno .....	44
Verificación Infraestructura puntos Chiriquí Grande y Kankintú.....	44
Consulta de equipos y servicios .....	46
Compra de equipos y solicitud de servicio .....	47
Pruebas de laboratorio .....	48
Configuración de equipos de telecomunicaciones .....	48
<b>Configuración de equipos WiFi .....</b>	<b>50</b>
Asterisk & Zabbix .....	55
Instalación del programa de monitorización Zabbix.....	56
Pruebas de equipos fotovoltaicos.....	56
Torres, protección eléctrica y puesta a tierra de equipos .....	57
Distribución de direcciones IP's .....	57
<b>Instalación de equipos .....</b>	<b>58</b>
Chiriquí Grande.....	58
Repetidor .....	59
Colegio Agustiniano .....	60
Instalación en el centro de salud y la Casa curial.....	61
Instalación Centro de nutrición y Escuela nocturna .....	61
Pruebas de red.....	62
Entrega de red funcional a padres agustinos y universidad de panamá .....	62
<b>Mantenimiento periódico preventivo .....</b>	<b>62</b>
Mantenimiento preventivo de sistema eléctrico .....	62
Mantenimiento preventivo de protección eléctrica.....	64
Mantenimiento preventivo de infraestructura metálica.....	64
<b>Justificación de Viabilidad .....</b>	<b>65</b>
Políticas de apoyo .....	65
Tecnología adecuada .....	65

Protección del medio ambiente.....	66
Capacidad institucional de gestión, factores económicos y financieros .....	66
<b>Conclusiones.....</b>	<b>67</b>
<b>Próximas líneas de trabajo .....</b>	<b>68</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>69</b>

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Mapa geográfico, Panamá. Fuente: Wikipedia .....	8
Ilustración 2: Ngöbe-Buglé, Panamá. Fuente: Wikipedia .....	9
Ilustración 3: Imagen aérea de Kankintú; Fuente: padres agustinos.....	10
Ilustración 4: Perfil de paso obstruido .....	15
Ilustración 5: Perfil de paso obstruido Vista aérea .....	16
Ilustración 6: Esquema de Enlace 1 .....	17
Ilustración 7: Enlace Chiriquí-Repetidor .....	18
Ilustración 8: Enlace Repetidor-Kankintú_Colegio/Univ 1.....	19
Ilustración 9: Enlace Repetidor-Casa curial.....	20
Ilustración 10: Enlace Repetidor-Centro de salud .....	21
Ilustración 11: Distribución conectividad Kankintú .....	23
Ilustración 12: Esquemático de la red.....	26
Ilustración 13: Ubiquiti rocket .....	33
Ilustración 14: Rocket Dish, vista trasera .....	34
Ilustración 15: Ubiquiti Airgrid.....	35
Ilustración 16: ubiquiti Bullet.....	36
Ilustración 17: Ubiquiti picostation M2 .....	37
Ilustración 18: Router Tplink WR-1043ND.....	38
Ilustración 19: Cubox .....	39
Ilustración 20: ATA Grandstream HT503 .....	40
Ilustración 21: ATA Grandstream HT286 .....	40
Ilustración 22: PoE pasivo Dc/Dc .....	40
Ilustración 23: cable UTP .....	41
Ilustración 24: Caja de intemperie.....	41
Ilustración 25: Punta de Franklin .....	42
Ilustración 26: Esquema de instalación Fotovoltaica, Fuente: PFM expansión red napo .....	56
Ilustración 27: Esquema de configuración de red Chiriquí grande.....	58
Ilustración 28: Esquema de red Colegio agustiniano.....	60
Ilustración 29: Esquema de red Centro de salud y Casa curial .....	61
Ilustración 30: Esquema red Centro de nutrición y escuela nocturna.....	61

## Índice de Tablas

Tabla 1: Coordenadas de los puntos.....	16
Tabla 2: Configuración física de equipos WiFi .....	22
Tabla 3: Tipos de protección eléctrica en localidades .....	24
Tabla 4: Estimado sistema fotovoltaico Colegio/Universidad .....	32
Tabla 5: Características Ubiquiti rocket .....	34
Tabla 6: Características Ubiquiti rocketdish .....	34
Tabla 7: Características Ubiquiti airgrid .....	36
Tabla 8: Características Ubiquiti bullet .....	37
Tabla 9: Características Ubiquiti picostation .....	38
Tabla 10: Características mini ordenador CUBOX.....	39
Tabla 11: Configuraciones de IP ATA .....	55
Tabla 12: Configuraciones de direcciones IP's de equipos .....	57



# Estado del arte

---

En diversas zonas del mundo se han realizado múltiples implementaciones de redes de telecomunicación, basadas en plataformas WiFi adaptado a largas distancias. La mayor parte de estas redes desplegadas son utilizadas en el fomento de desarrollo en zonas rurales desfavorecidas de países en desarrollo, como un intento en disminuir las diferencias tecnológicas existentes entre países y en el interior de los mismos.

La implementación de este tipo de soluciones utilizando WiFi para largas distancias se impone ante otras tecnologías debido a su bajo costo y su efectividad, brindando prestaciones que les permite competir con lo ofrecido por otras tecnologías como Wimax.

El objetivo de este apartado es el profundizar, con el propósito de mejorar, algunos de los diferentes usos que se les han dado a las redes basadas en WiFi adaptado a largas distancias en zonas aisladas de países en desarrollo de África, India y América latina.

## Aportes importantes

En el sur de la India, en el año 2005; investigadores de la universidad de Berkeley California, implementaron una red WiFi adaptada a largas distancias con la cual se hace posible a médicos oftalmólogos consultar remotamente a pacientes ubicados en zonas rurales aisladas y de difícil acceso. Con esta red brindan soporte a los hospitales de la fundación Aravind Eye care System quienes velan por la salud oftalmológica de los habitantes en zonas desfavorecidas y con bajos niveles de ingresos. Con la ayuda de esta red ha sido posible el diagnostico remoto de más de 100,000 pacientes, y restablecido la vista a mas de 30,000. [12]

El proyecto Digital Gangetic plains for RuralNet telephony ha sido implementado con éxito por el instituto indio de tecnología kanpur en 2002. Consiste en una red que brinda telefonía IP e internet utilizando WiFi para largas distancias. Dando conectividad a zonas rurales aisladas y de difícil acceso especialmente en escuelas del norte de la india. [13]

En Nepal existe desde 2003 el proyecto Nepal wireless networking, dicho proyecto surgió de la idea de un habitante nepalés que desde 1997 estuvo intentando llevar conectividad a internet a su población. Bajo la sombra de este proyecto se mantienen hoy en día dos redes basadas en WiFi para largas distancias:

- Una que brinda conectividad VozIP entre puestos de salud e internet llamada red Katmandú, teniendo su núcleo en el hospital modelo de Katmandú principal centro de telemedicina de la zona.
- Por otro lado la red Pokhara, primera red del proyecto, interconecta entre sí varias ciudades y les brinda conectividad a internet a sus escuelas.[14]

En marzo de 2012, la fundación INVENEO, una empresa sin ánimo de lucro que brinda servicios a organizaciones que proveen ayuda a países en desarrollo, y Cisco TacOps, la división de Cisco encargada de brindar servicios de emergencia, han implementado una red utilizando WiFi adaptado para largas distancias en colaboración con la comisión para refugiados de las naciones unidas y USAID, en el campo de refugiados más grande del mundo llamado Dadaab, ubicado al noreste de Kenia. Esta red permite a las agencias humanitarias que operan en Dadaab interconectarse, teniendo la posibilidad de compartir archivos, tener videoconferencias en tiempo real, telefonía sobre voz IP, acceso a internet y telefonía utilizando la empresa Orange Kenia como puerta de enlace. Esta conectividad esta permitiendo a las agencias humanitarias coordinar mejor sus operaciones entre ellas y con el exterior. [15]

En 2010, la fundación INVENEO dejó en funcionamiento una red que se utiliza en Puerto Príncipe (Haití) que brinda conectividad entre diferentes localidades de la fundación NetHope encargada de la realización de programas relacionados con tecnologías de la información y fomento al desarrollo, permite a los miembros nacionales e internacionales mantenerse comunicados. [16]

La fundación INVENEO, en 2010 también inicio la implementación de una red basada en WiFi adaptado para largas distancias en Tanzania. Esta implementación como parte de un programa de USAID es utilizada para mejorar la calidad de la educación primaria en las escuelas del país, con principal interés en contribuir a la mejora de la lectura, aprendizaje de matemáticas y ciencias. Este proyecto se inició con un piloto de 5 escuelas ubicadas en zonas de difícil acceso. [17]

La fundación Enlace Hispano Americano de Salud (EHAS) por su parte, ha desarrollado redes con WiFi adaptado a largas distancias en zonas rurales de américa latina como Perú, Ecuador, Cuba y Colombia. Con el objetivo de mejorar los sistemas de salud públicos mediante la utilización de las tecnologías de información Tics en conjunto con la salud. Dentro de las redes que podríamos destacar figuran:

En Perú:

- Red WiFi PAMAFRO Ehas implementada en 2007, en el marco del “proyecto de control de malaria en las zonas fronterizas de la región andina”, dicha red brinda servicios de interconexión por correo electrónico, VozIP, y salida a internet vía satélite y posibilidad de compartir archivos entre los ordenadores dentro de la red, entre 11 establecimientos de salud ubicados a lo largo del rio Napo en la selva amazónica peruana.
- Red Ehas@Lis implementada en Cusco (Perú) en el año 2004 e interconecta 12 establecimientos de salud del ministerio de salud del Perú. Permite conectividad a

internet, comunicaciones por VoziP y correo electrónico; con esta red se busca la mejora del sistema público de atención primaria de salud.

## Objetivos de nuestra intervención

---

### Objetivos principales

- Contribuir al desarrollo de Kankintú mediante la instalación de una red inalámbrica de comunicaciones.
- Diseñar una red energéticamente auto sostenible.

### Objetivos secundarios

- Incidir en la mejora de la comunicación de las principales entidades de servicio social de la comunidad de Kankintú.
- Mejorar la comunicación del Anexo universitario Kankintú con el campus Central de la universidad de Panamá.
- Dotar a los estudiantes de una herramienta básica en su formación escolar y universitaria.
- Mejorar las condiciones en las que los profesores preparan y consiguen material didáctico.
- Facilitar al centro de salud de Kankintú de comunicación con hospitales de la región para mejorar las medidas de prevención y diagnóstico de enfermedades.

# Introducción

## Panamá y zona indígena



Ilustración 1: Mapa geográfico, Panamá. Fuente: Wikipedia

Panamá tiene un índice de desarrollo humano (IDH) de 0.768 según el informe de desarrollo humano preparado por el PNUD para 2011. Se encuentra en el nº 58 del ranking y está dentro del grupo de los países con IDH medio. A pesar de ser una nación con desarrollo medio según su IDH, es uno de los países de Latinoamérica con mayor índice de desigualdad en la distribución de ingreso; con un Coeficiente de GINI de 0,519 para 2010 según el Banco Mundial. Este dato indica que la desigualdad en Panamá es relativamente alta, tomando en cuenta que un valor cercano a 1 significa que las riquezas son repartidas entre una pequeña cantidad de la población.

El informe de Desarrollo Humano preparado por PNUD para Panamá señala que cerca del 40% de la población vive en condiciones de pobreza, especialmente en el área rural. Esta cifra se eleva hasta el 98% en el caso de la población indígena, que representa el 12% de los casi 3 millones de habitantes que tiene el país.

El nivel de vida de las poblaciones indígenas es el más bajo del país, con una pobreza extrema que afecta al 96% de su población. El grupo más numeroso es el de los Ngöbe-Buglé, al que pertenece el 59% del total de población indígena. [1]

Los Ngöbes habitan en la comarca Ngöbe-Buglé donde se ubican los siete distritos más pobres del país, y se registra el peor índice de pobreza nacional. Por ejemplo, el índice de desarrollo humano de la comarca para 2007 fue de 0.447, no obstante que el índice total del país fue de 0.733 para ese año. La comarca Ngöbe-Buglé es la que menor IDH regional entre

comarcas indígenas del país tiene, por debajo de los Embera-Wounaan (0.481), los Emberá Wounaan (.481) y los Madungandí (0.656). [2]

## Kankintú



Ilustración 2: Ngöbe-Buglé, Panamá. Fuente: Wikipedia

Kankintú es un distrito que compone la comarca indígena de los Ngöbe-Buglé. Posee un área de 2420,40 kms<sup>2</sup> y una población de 19.670 habitantes (2000, censo panamá). Kankintú tiene una densidad demográfica de 8,13hab/km<sup>2</sup>. Se encuentra situado en la cara norte de Panamá, en la provincia Bocas del Toro. [3]

Políticamente, la comarca Ngöbe Buglé está integrada por tres regiones: Región de Ñö Kribo a la cual pertenece Kankintú, Región Nidrini y Región Kädriiri.

Kankintú está dividido en 9 corregimientos:

- Bisira
- Burí
- Guariviara
- **Kankintú**
- Guoroní
- Mununí
- Piedra Roja
- Tuwai
- Man Creek



Ilustración 3: Imagen aérea de Kankintú; Fuente: padres agustinos

El corregimiento llamado Kankintú es el centro más importante de toda la región Ño-Kribo. Es una comunidad educativa con estudiantes desde preescolar hasta universitarios. Además, mantienen una escuela nocturna con alfabetización de adultos; lo cual es muy importante dada las Leyes Panameñas, que obligan a los alumnos con responsabilidades familiares a asistir a clases nocturnas para completar sus estudios. En Kankintú se encuentra una extensión de la Universidad de Panamá que funciona en las instalaciones del colegio san Agustín, donde se imparten 3 carreras prioritarias para la zona: Magisterio, Técnico en Economía y Técnico en agroforestería.

La comunidad de Kankintú cuenta con una población escolar activa de:

- 300 niños en preescolar.
- 1,100 alumnos de educación secundaria.
- 400 alumnos en educación secundaria nocturna.
- 250 estudiantes universitarios, cursando las carreras de magisterio, técnico en economía y técnico en agroforestería.

En total, el corregimiento cuenta con 2050 estudiantes.

El índice de maternidad es en promedio los 17 años y en el corregimiento existe un índice de analfabetismo en personas mayores de 10 años de un 35%, según datos del Censo Nacional de Panamá de 2010. Por esta razón, podemos entender que la escuela nocturna y la universidad son y serán imprescindibles en la comunidad como fuentes que incentiven el desarrollo de sus pobladores. [6]

En Kankintú existe un centro de salud primaria y otro de nutrición donde se atienden los ciudadanos de la zona. Esto equivale a población de 30 comunidades, que se traduce en unas 20,000 personas.

## Estudio y resolución del problema

---

### El problema

La zona de Kankintú no cuenta con medios de comunicación eficientes. No existe acceso por tierra al área. Además, no posee servicios de telecomunicaciones estables ni confiables, como tampoco posee acceso a internet ni teléfonos móviles. Actualmente, hay instalado un teléfono público de la compañía “Cable Wireless” que funciona vía satélite. No obstante, los habitantes de Kankintú se quejan de que el servicio ofrecido es inestable.

Las compañías “Claro Panamá” y “Cable Wireless” tienen instaladas en la zona torres auto soportadas para sistemas de telecomunicaciones. Sin embargo, en la actualidad, ninguna de éstas brinda servicios de ningún tipo a la comunidad.

Esta deficiencia en las telecomunicaciones se traduce en una gran limitación para la educación de los alumnos del corregimiento y la inserción al mundo tecnológico de estos. El uso de las tecnologías en este siglo XXI es decisivo para el desarrollo de los pueblos.

Existe un único acceso a la zona mediante el transporte en cayuco, una especie de bote, a través del río Krikamola desde la comarca de Chiriquí Grande ubicada más al norte. El trayecto es de aproximadamente 4 horas de ida. Desde el punto de vista educativo, dichos problemas de acceso terrestre dificultan el transporte de profesores y materiales didácticos al corregimiento.

Debido a los escasos recursos de los pobladores de Kankintú que tienen un ingreso promedio mensual de 60 balboas, aproximadamente 47.67 euros y el difícil acceso desde y hacia la zona, las personas con aspiraciones de estudios universitarios y deseos de superación se ven imposibilitadas de continuar estudiando fuera de la comunidad. Esto es, producto del gran esfuerzo que conlleva desplazarse y el alto costo que representa el transporte.

En Kankintú hay varios centros educativos importantes, en la comarca tenemos el Colegio agustiniano de Kankintú, administrado por la misión de padres agustinos recoletos y ofrece educación desde primaria hasta secundaria a los jóvenes de la zona. También una escuela nocturna, donde se imparten clases y alfabetizan a adultos.

En las mismas instalaciones del colegio agustiniano opera la extensión de la Universidad de Panamá y ofrece tres carreras de interés para la zona; también posee problemas de comunicación. Al no existir medios de telecomunicación en tiempo real, la coordinación de acciones y la logística de entrega y manejo de materiales se dificulta.

También está presente el problema del traslado de profesores a la zona. La mayoría de éstos provienen de la comunidad de Kricamola ubicada en el corregimiento Boca de Toro. Su desplazamiento en cayuco y autobús es lento y caro; lo que encarece las operaciones de la universidad por gastos en transporte.

El centro de salud de Kankintú, bastante precario pero indispensable para la zona, no está exento de los problemas de comunicación existentes en comunidad. El retardo en la comunicación entre este centro y otras dependencias de salud del país hace difícil para coordinar las acciones sanitarias; además imposibilita informar los datos de epidemiología de la zona en un tiempo prudente. El método de comunicación que utilizan es el teléfono público que hay en el pueblo y por radio VHF, los cuales no siempre funcionan.

En casos de emergencia, donde los médicos locales no tienen capacidad de atender a los pacientes y solucionar sus problemas, es necesario enviarlos en cayuco hacia Chiriquí Grande. Una vez allí, deben ser trasladados hacia el centro de salud de la comunidad de Rambala a 20 kilómetros de este. El transporte de emergencia de pacientes en cayuco desde Kankintú hacia Chiriquí se hace exclusivamente cuando hay luz del sol.

### **Involucrados e interesados en el proyecto**

En el marco de un acuerdo firmado entre la Universidad de Panamá y la Universidad Rey Juan Carlos de España se ha realizado el diseño y futura implementación de una red de comunicaciones que permita mejorar la calidad de la educación ofrecida en la extensión de la universidad en Kankintú.

Los padres agustinos, presentes en Kankintú precursores de desarrollo en la comarca, captando ayuda internacional, son los administradores del colegio que opera en la comarca; instalaciones donde también se imparten las clases de la extensión de la Universidad de Panamá. Son los principales interesados en la realización de este proyecto y se han comprometido en aportar los recursos económicos necesarios para el mantenimiento de la red en conjunto con la universidad de Panamá quien aportará los técnicos y profesionales encargados del mantenimiento.

Los profesionales del centro de salud de la comarca, tienen gran interés en la realización de este proyecto, por la facilidad de coordinación en tiempo real con otros centros de salud, lo que les permitiría la mejora en las atenciones de los pacientes.



## La solución

Con el fin de mejorar la calidad de la educación ofertada en la comunidad de Kankintú, se hace necesario facilitar el acceso a materiales didácticos para estudiantes y profesores de la comunidad. Asimismo, se hace determinante el establecimiento de un sistema de comunicación directo y en tiempo real entre el centro de salud de la comunidad con las autoridades sanitarias del país y con otros centros cercanos que le podrían brindar soporte.

Se ha evaluado la implementación de un sistema de telecomunicaciones como una forma de brindarle conectividad de bajo coste a la colegio/universidad, el centro de salud y el centro de nutrición de la comunidad. Con éste sería posible tener acceso a internet, correo electrónico y a teléfono sobre VoIP.

Esta alternativa podría asegurar la continuidad de muchos estudiantes que por falta de medios económicos, no podrían continuar sus estudios en otra parte del país. Al mismo tiempo, se les abrirán las puertas a un mundo de contenidos hasta el momento inaccesibles para ellos. Podrán disponer de cursos online, con programas como “Aula Mentor” u otros programas y materiales de formación profesional, como cursos de e-learning, clases magistrales en remoto por video conferencia, etc.

Asimismo, dotaríamos al centro de salud de comunicación en tiempo real con sus dependencias en la región. Se facilitaría así la coordinación de acciones en casos de emergencia (sanitaria o casos particulares de pacientes con cuadros específicos de atención). El centro de salud tendría el apoyo de otros centros con mejores instalaciones y preparación para diagnóstico y prevención de enfermedades epidemiológicas.

Este sistema de comunicación en tiempo real podría ser de gran ayuda en la sincronización de las acciones e informaciones compartidas entre el centro de salud de Kankintú con las autoridades sanitarias de Panamá. Asimismo se facilitaría la información a Chiriquí Grande y al hospital de Rambala sobre algún paciente en estado de gravedad, a través de un sistema confiable y disponible en la mayoría de las situaciones.

Se abre así mismo, la posibilidad de implementación en un futuro cercano, de un sistema de telemedicina con el cual sea posible la atención medica a distancia. Con pacientes en Kankintú y médicos en Chiriquí Grande o Rambala.

“Avances previos en telemedicina para países en desarrollo han probado que brindando conectividad de voz y datos en centros de salud rurales ofrece grandes beneficios, como la reducción drástica del promedio de evacuación de pacientes en estado crítico, un aumento en la confiabilidad de los diagnósticos y una disminución en la cantidad de viajes necesarios por el personal medico”. [7]

En la comarca Kankintú hay también una casa curial, desde donde operan los padres agustinos quienes administran el colegio agustiniano y las operaciones de la Universidad de Panamá. Los padres agustinos son también los interesados en que este proyecto se ejecute ya que son los principales precursores de desarrollo en la comunidad, impulsando proyectos de salud, nutrición y educación en la comunidad.

Los padres agustinos, están interesados también en tener conectividad a internet y por VoZIP en su casa curial, por tal razón se va a incluir en el diseño esta casa para brindarle conectividad, con el objetivo de disponer de un medio de comunicación constante y confiable.

Se plantea así mismo la dotación de conectividad a internet al centro de nutrición del corregimiento, ambos con un ordenador que les permita tener acceso a correo electrónico y navegación en la red.

## Alternativas

Antes de empezar a plantear alternativas, es importante conocer cuales son las necesidades reales de quienes utilizaran nuestra solución, sus características sociales y culturales, también el relieve, el clima y las infraestructuras disponibles en la zona.

Las alternativas evaluadas para la solución del problema de Kankintú son las que más se ajustan a la situación actual de la zona. Se ha tomado en consideración que no existen infraestructuras de telecomunicaciones en esta comarca, y el coste de despliegue de una red comercial es alto; además de que la tasa de retorno de inversión es bastante baja a largo plazo. En países en vías de desarrollo, la conectividad alámbrica no es viable económicamente debido a la baja cantidad de usuarios en algunas zonas [5]. Tampoco la conectividad inalámbrica lo es dentro de esta comunidad, pues el nivel de ingresos de los habitantes de Kankintú es bastante bajo y no se cuenta con servicio eléctrico con el cual cargar los dispositivos móviles.

Alternativa	Coste de Despliegue	Coste de Mantenimiento	Consumo de energía	Adecuado para caso	Robustez	Prestaciones
Satélite	Medio	Alto	Alto	No	Medio	Bajo
Wimax	Medio	Medio	Medio	SI	Alto	Alto
<b>WiFi</b>	<b>Bajo</b>	<b>Bajo</b>	<b>Bajo</b>	<b>SI</b>	<b>Medio</b>	<b>Medio</b>
VHF/UHF	Alto	Alto	Alto	NO	Alto	Bajo

Tabla 1: Análisis de alternativas de comunicaciones

En la Tabla 1, podemos observar los criterios con que han sido evaluados servicios satelitales y conexión mediante WiFi, wimax o VHF/UHF con enlaces punto a punto (ptp) entre Kankintú y Chiriquí grande donde tendremos la puerta de salida hacia la red telefónica e internet.

Tenemos que los servicios de internet y telefonía por satélite, aunque sería fácil desplegarlos en los lugares puntuales donde se necesita conexión, su costo resultaría una limitante en la sostenibilidad del proyecto. Este tipo de servicios generarían costos fijos y de mantenimiento muy altos. Las tecnologías por satélite son muy eficientes para sistemas de broadcast (trafico unidireccional), pero son muy costosas y ofrecen throughputs muy limitados para acceso a internet bidireccional. [4][26]

Por otro lado, los equipos de microondas no constituyen una opción válida para nuestro caso; debido al alto costo de los equipos. Del mismo modo, la necesidad de pagar licencias por el uso del espectro es otra limitante importante. Hay sistemas de este tipo que ofrecen muy buenas prestaciones y son bastante robustos. No obstante, en nuestro caso no son la solución adecuada por el alto precio y los trámites burocráticos necesarios para obtener una licencia para uso de espectro, necesarias para operar este tipo de equipos.

Una muy buena opción sería la utilización de la tecnología del estándar IEEE 802.16 (Wimax). La misma ofrece prestaciones adecuadas para ser utilizado en nuestro diseño y suelen ser sistemas muy robustos. El costo de un enlace wimax es alto si lo comparamos con IEEE 802.11 (WiFi) Este último presenta prestaciones relativamente similares a wimax por un costo menor, lo cual convierte a WiFi en la alternativa más viable de todas por su costo efectividad.

## Solución al problema

### La red

Tras ser analizadas las diferentes opciones para la realización de un enlace fiable que permita la comunicación de Kankintú se decidió el establecimiento de un enlace con IEEE 802.11a/b/g/n (WiFi) en las bandas libres de 2.4 y 5 GHz para conectar dicha comunidad.

Conectaremos los puntos de interés en Kankintú mediante enlace de WiFi con la casa curial de los padres agustinos ubicada en Chiriquí Grande más al norte, donde tendremos una conexión ADSL de 5 MBPS dedicada a suplir las necesidades del colegio agustiniano/universidad, el centro de salud, centro de nutrición, la escuela nocturna y la casa curial.

Se han realizado simulaciones con la herramienta Radio Mobile V.11.2.7. Como se observa en la siguiente imagen, realizar un enlace directo entre Kankintú y Chiriquí no es posible. Esto es debido a que entre las dos localidades existe un sistema montañoso que imposibilita la línea de vista necesaria para brindar la conectividad deseada.

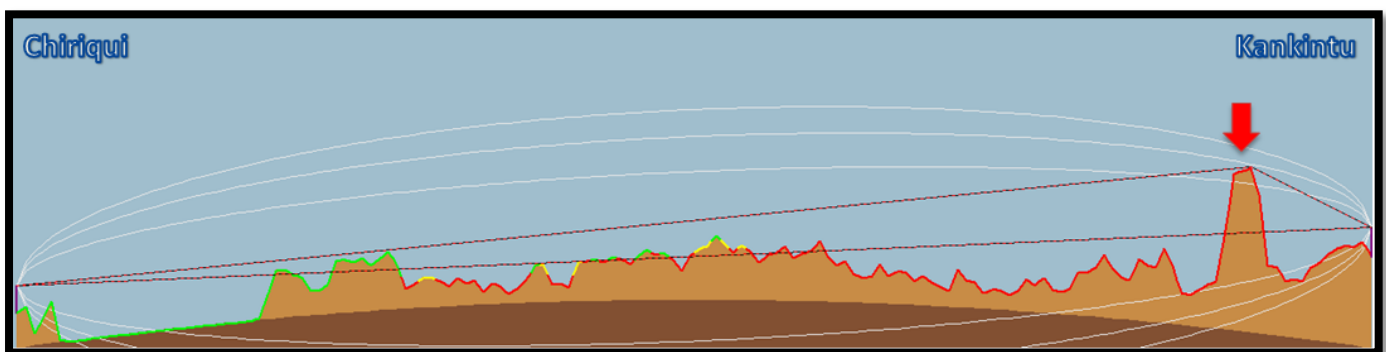


Ilustración 4: Perfil de paso obstruido



Ilustración 5: Perfil de paso obstruido Vista aérea

Para superar este obstáculo entre los dos puntos, tenemos como alternativa la ubicación de una repetidora en un punto intermedio que sí tenga línea de vista sin obstáculos hacia ambos puntos y permita la conectividad entre Kankintú y Chiriquí.

Como solución al problema de obstrucción se ha identificado una locación intermedia donde sería factible la ubicación de una estación repetidora que permitiría la comunicación entre los dos puntos planteados.

Se han realizado las simulaciones teniendo en cuenta la ubicación de los emplazamientos, incluyendo el repetidor:

Localidad	Longitud	Latitud
<b>Repetidor</b>	-81.839002	8.85167
<b>Kankintú Colegio/Univ</b>	-81.81356	8.845863
<b>Kankintú Colegio/Univ AP</b>	-81.81356	8.845863
<b>Kankintú Centro de Salud</b>	-81.815961	8.84603
<b>Kankintú Centro de Nutrición</b>	-81.813586	8.845574
<b>Kankintú Escuela Nocturna</b>	-81.817043	8.846199
<b>Kankintú Padres</b>	-81.81638	8.846327
<b>Chiriquí grande</b>	-82.125276	8.955563

Tabla 1: Coordenadas de los puntos

Los siguientes parámetros:

- Frecuencias en la banda de 5.8Ghz con frecuencia máxima de 5745 y mínima de 5825.
- Modo estadístico accidental, disponible un 90% del tiempo en un 90% de las situaciones.
- Refractividad de la superficie: 301 Unidades-N.
- Conductividad del suelo: 0.005 S/m.
- Permitividad al suelo: 15.
- Tipo de clima: Marítimo subtropical, al ser el que más se ajusta a las condiciones de la zona.
- Tipo de red: De datos, topología estrella (Master/Esclavo)
- Se han definido las redes troncales.
- Los sistemas se han definido basados en las especificaciones de equipos y patrones de radiación de las antenas proporcionados por ubiquiti. [18]
- Y el estilo, con umbral mayor o igual que 20dB, para dar el enlace como viable.

El resultado es el que se muestra a continuación:

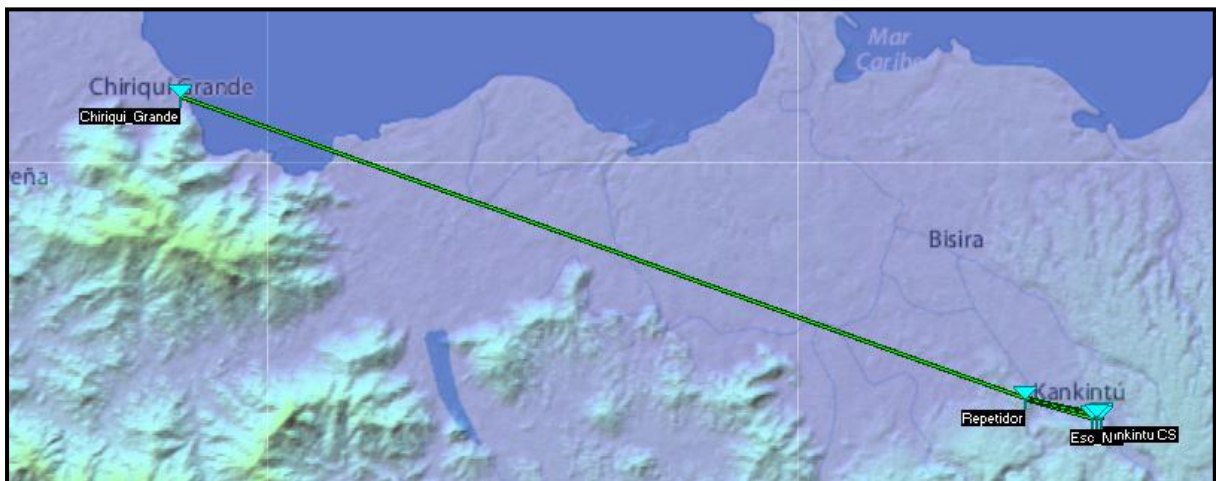


Ilustración 6: Esquema de Enlace 1

La red está dividida en varios enlaces que interconectan las localidades de Kankintú directamente con Chiriquí grande que servirá como salida a internet y la telefonía pública.

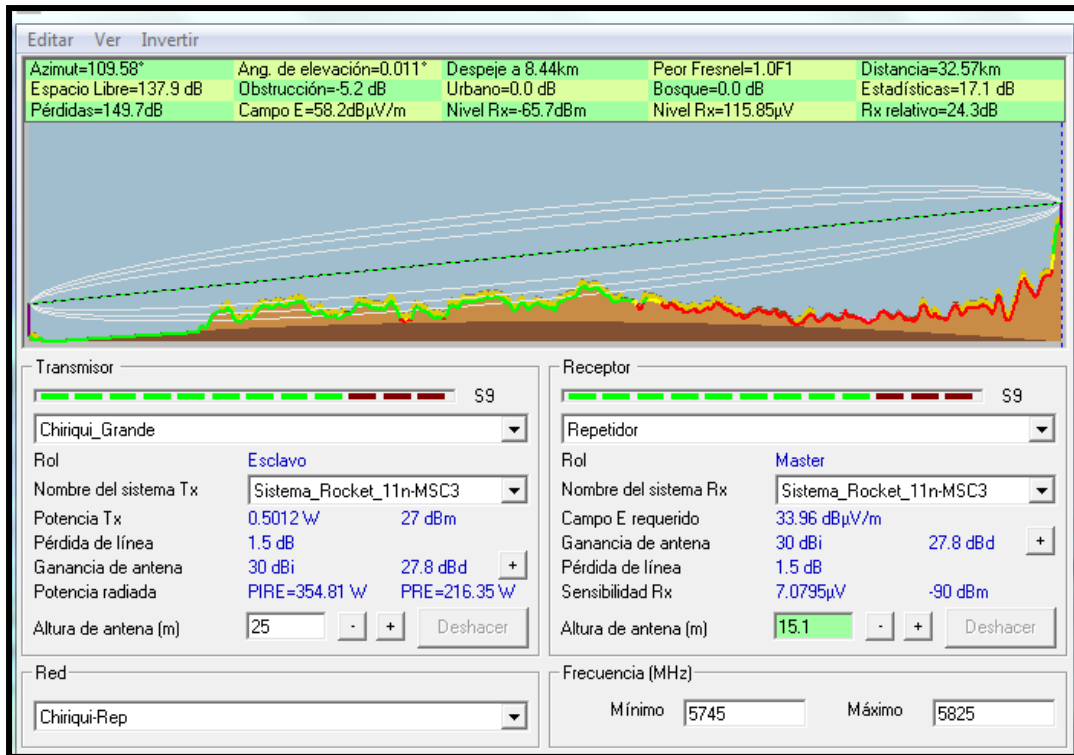


Ilustración 7: Enlace Chiriquí-Repetidor

En este enlace con aproximadamente 33 Km desde la casa curial en Chiriquí hasta el repetidor, se presenta una peculiaridad y es que el enlace debe sobrepasar una zona de 5 km sobre el mar lo cual dificulta las condiciones del enlace por posibles reflexiones y atenuaciones causadas por la el paso sobre el agua. Esto podría consistir en una limitante de las prestaciones de este enlace troncal de la red.

Para mitigar esta situación se ha considerado la utilización de los equipos Rocket station M5 Titanium de la vendedora Ubiquiti, los cuales permiten configurarles las antenas en MIMO con diversidad espacial, dos antenas en polarización cruzada (vertical y horizontal) cada una respectivamente, o bien una con la capacidad de transmitir en las dos polarizaciones a la vez.

La posibilidad de utilizar los rocket con diversidad nos permitirá tener mejores prestaciones del sistema por la capacidad de utilizar MIMO en nuestros enlaces troncales y su compatibilidad con IEEE 802.11n. Por su parte también aseguraríamos la viabilidad de los enlaces dados diferentes condiciones atmosféricas que se podrían presentar, porque es bien sabido que la atenuación recibida por un equipo en polarización horizontal no afectara por igual a otro en las mismas condiciones con polarización vertical.

También es recomendable utilizar antenas con alta ganancia para este enlace, cuyas características de patrón de radiación suele tener un lóbulo frontal mas estrecho

comparado con antenas de menor ganancia. Con la utilización de estas se disminuirían de manera notable las interferencias causadas por efectos de cercanías del agua en la comunidad de Chiriquí. Estaríamos utilizando para este caso antenas parabólicas de 30dBi que pueden ser utilizadas en configuración MIMO.

La antena de este enlace deberá estar ubicada del lado de Chiriquí a una altura mínima de 25 metros, ya que tomando en cuenta una altura promedio de 7mts en los arboles en la zona, al ser una zona selvática, la altura mínima donde cumplimos el 60% de la zona de fresnel es a los 25 Mts. En el caso de la antena en el repetidor mirando hacia Chiriquí Grande, la altura ha de ser de al menos de 15 metros.

El enlace troncal entre la estación repetidora y Kankintú ha de tener la antena orientada directamente hacia las instalaciones del colegio/universidad con unos 107.28° magnéticos y con un ángulo de elevación de -1.148°.

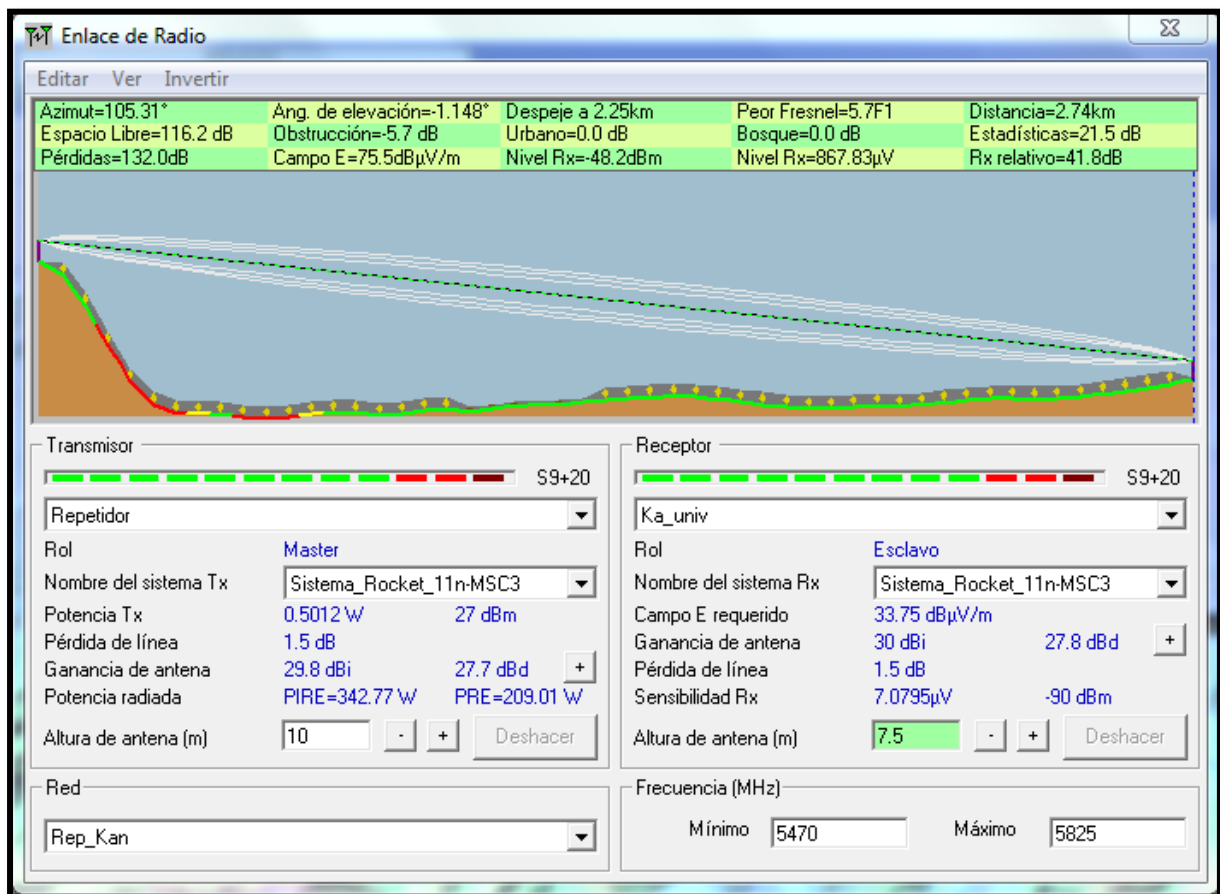


Ilustración 8: Enlace Repetidor-Kankintu\_Colegio/Univ 1

En el caso del enlace entre el repetidor y Kankintú-colegio agustiniano/universidad, la antena en la torre repetidora orientada hacia Kankintú deberá estar ubicada a una altura mínima de 10 metros con un azimuth de 107.28° (105.31° geográficos) con elevación de 1.148° hacia abajo respecto a la horizontal, y en Kankintú sería viable a partir de los 7.5 metros de altura con un azimuth magnético de 287.30° (285.31° geográfico).

Para este enlace que es de solo unos 2.1 Km, sería también viable utilizar en la repetidora otro equipo rocket station con antena de 30 dBi de ganancia. Del lado de Kankintú también utilizaríamos un rocket y otra antena rocket Dish de 30dBi.

Para el caso de la casa curial y el centro de salud, hemos decidido utilizar los equipos ubiquiti airgrid M5, que permiten conectarnos directamente con la estación repetidora y tienen un consumo energético muy bajo, excelente para nuestra implementación.

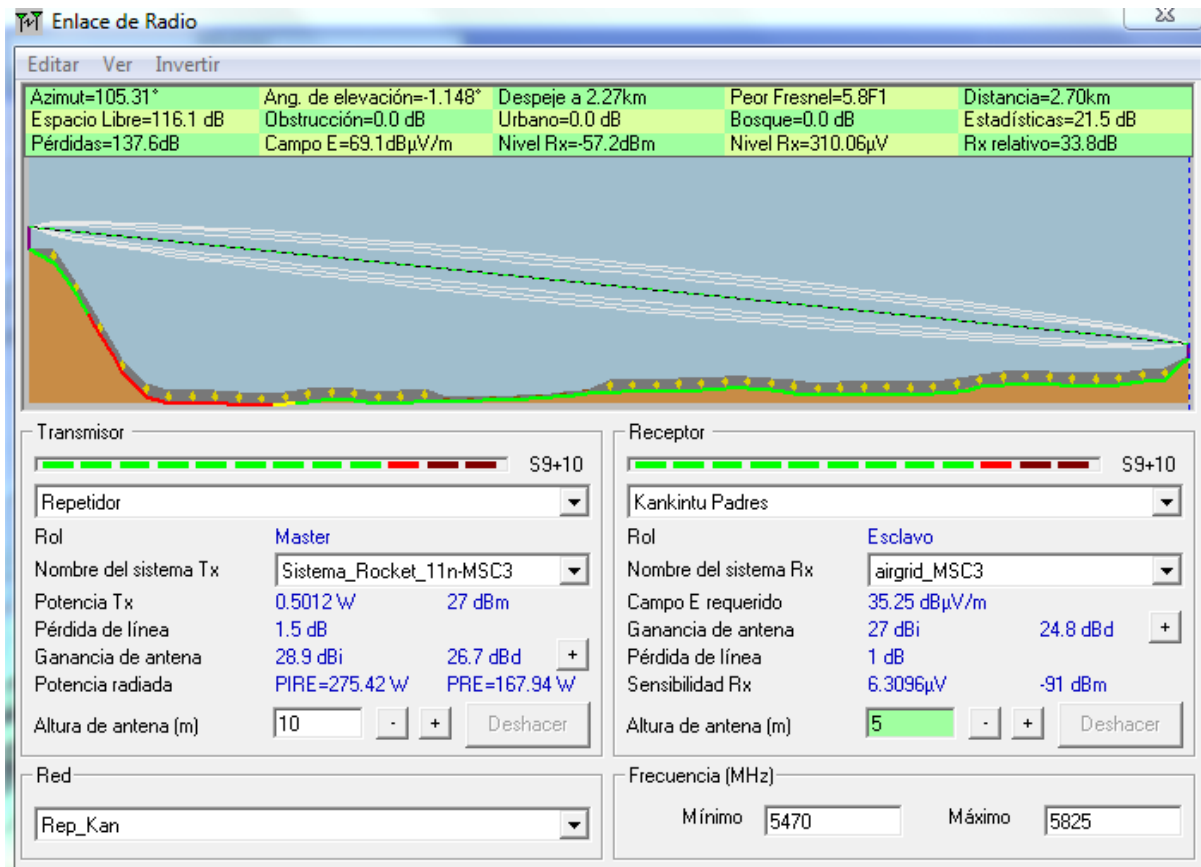


Ilustración 9: Enlace Repetidor-Casa curial

Para el enlace entre la estación repetidora y la casa curial, en la casa curial ubicaremos la antena a una altura de 5 metros ajustadas en un mástil que iría empotrado en la edificación. La antena debe mirar a 285.61° de azimuth magnético (unos 283.64 de azimuth geográfico) y una elevación de 1.08° (hacia arriba).



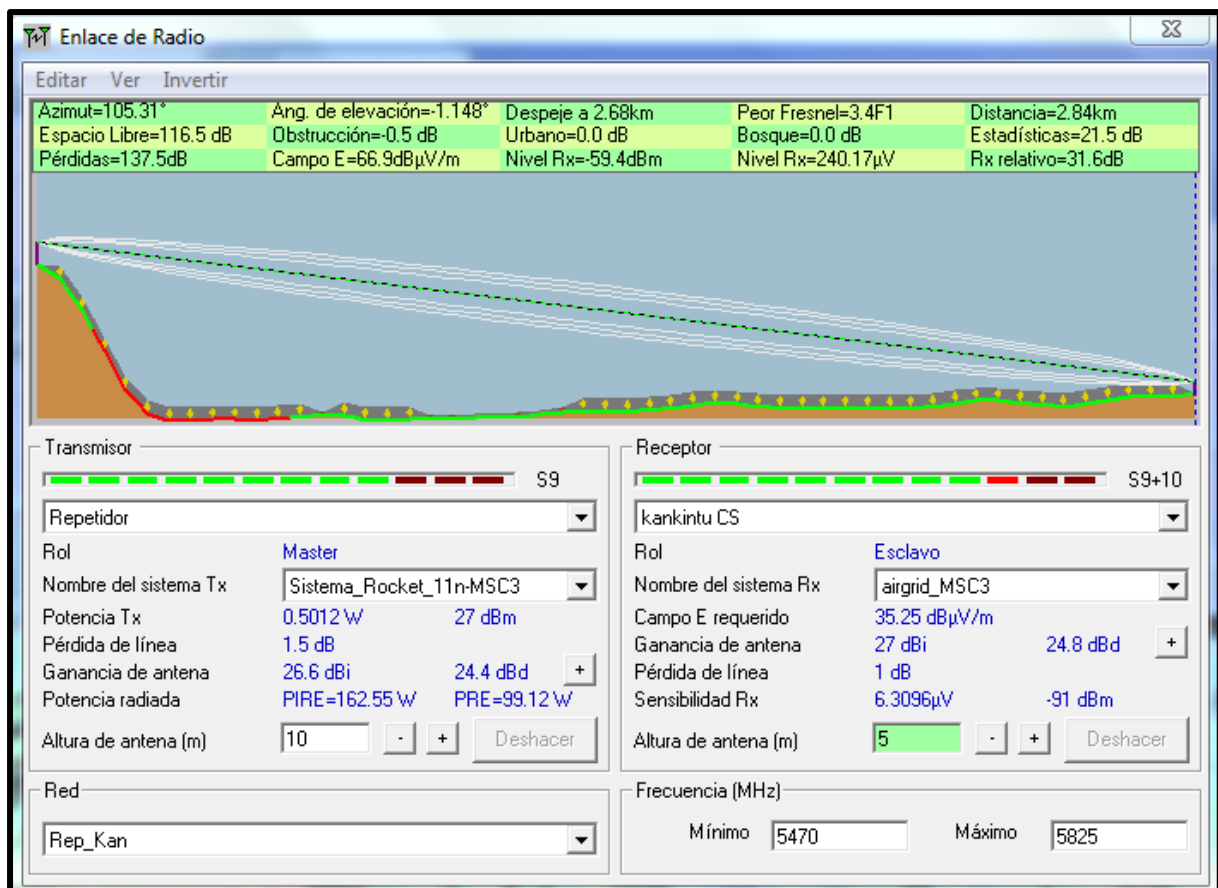


Ilustración 10: Enlace Repetidor-Centro de salud

Para el enlace entre la estación repetidora y el centro de salud, (aproximadamente 3 Km), la antena se podría colocar también en un mástil empotrado a la estructura de esta, a una altura de 5 metros para hacerlo viable con un azimuth magnético de 284.45° (geográfico 282.46°) y 1° de elevación.

La red se ha planificado a partir de los requerimientos de los equipos seleccionados para cumplir con los requerimientos del índice MCS 3 con modulación 16-QAM que permite tasas de bits **de 26Mbps para canales de 20MHz y 54 Mbps para canales de 40 MHz.**

Se han asumido pérdidas de cables y conectores de 1.5db, porque en nuestro diseño se utilizarán los routers y antenas ubiquiti y estas últimas permiten el montaje de los routers a pocos centímetros de los conectores, como se explicará más adelante.

Se ha decidido utilizar la banda de 5Ghz, por la disponibilidad de antenas con mayores ganancias y a precios más asequibles que en la banda de 2.4Ghz, de esta forma mitigamos las posibles interferencias por reflexión debido a la ventaja que ofrecen lóbulos frontales más estrechos. Así mismo es necesario destacar que el espectro de 802.11 en la banda de los 5Ghz es más limpia que 2.4Ghz. Esta última es la banda comúnmente utilizada y la cantidad de canales limpios es bastante limitada (3 canales de 20Mhz contra 12 canales en la banda de 5Ghz) [ver 11].

En esta red se recomienda la utilización de torres venteadas galvanizadas debido a que la carga mantenida es muy baja y la altura necesaria no amerita otro tipo de torre. El coste de construcción y mantenimiento es muy inferior en comparación con los monopolos y las torres auto-soportadas.

#### *Configuración de alturas en torre*

A continuación una tabla donde se detallan las alturas recomendadas y el tipo de sujeción:

Localidad	Longitud	Latitud	Altura antena (m)	Tipo de antena	Ganancia (dBi)	Equipo	Tipo de torre	Altura de torre (m)
Chiriquí Grande	-82.1252	8.955563	25	Parabólica	30	Rocket M5	Venteada	30
Repetidor_O1	-81.8390	8.85167	15	Parabólica	30	Rocket M5	Venteada	20
Repetidor_O1	-81.8390	8.85167	10	Parabólica	30	Rocket M5		3
Kankintú Centro de Salud	-81.8135	8.845863	9	Airgrid	27	Airgrid M5	Mástil Sujeción estructura	3
Kankintú Colegio/Univ	-81.8159	8.84603	5	Nano bridge	25	Rocket M5	Mástil Sujeción estructura	3
Kankintú CN	-81.8135	8.845574	5	Airgrid	27	Airgrid	Mástil Sujeción estructura	3
Kankintú Escuela Nocturna	-81.8170	8.846199	5	Airgrid	27	Airgrid	Mástil Sujeción estructura	3
Kankintú Padres	-81.8163	8.846327	5	Airgrid	27	Airgrid	Mástil Sujeción estructura	3

Tabla 2: Configuración física de equipos WiFi

\*En las torres de comunicación, los equipos del sistema de alimentación eléctrica van montados en cajas de intemperie.

## Distribución de conectividad en Kankintú

Una vez obtenido el enlace entre Chiriquí, la estación repetidora y Kankintú, se han evaluado diversas opciones de distribución de conectividad en el laboratorio del colegio agustiniano y los puntos que no tienen prioridad:

- Centro de Nutrición.
- Escuela nocturna.
- Kankintú en general.

Proponemos la conexión directa con el repetidor en la banda de 5.8Ghz del colegio/universidad el Centro de salud y la casa curial de los padres agustinos que son los puntos con prioridad en nuestro diseño, y la utilización de la ubicación de la colegio/universidad como nodo central para distribución de WiFi en 2.4 GHz en toda la comarca.

En el colegio/universidad se configuraría parte de la conexión con el repetidor en 5.8Ghz, un punto de acceso en 2.4Ghz con un equipo ubiquiti bullet M2 y antena omnidireccional de 13 dBi a una altura de 8-10 mts, así se facilitaría cobertura a la comunidad de conectándose de forma inalámbrica routers clientes Ubiquiti picostations ubicados en el centro de nutrición y la escuela nocturna. Cabe destacar que con este diseño también será posible la conexión desde cualquier punto con cobertura y teniendo un equipo con potencia suficiente para comunicarse con el router.

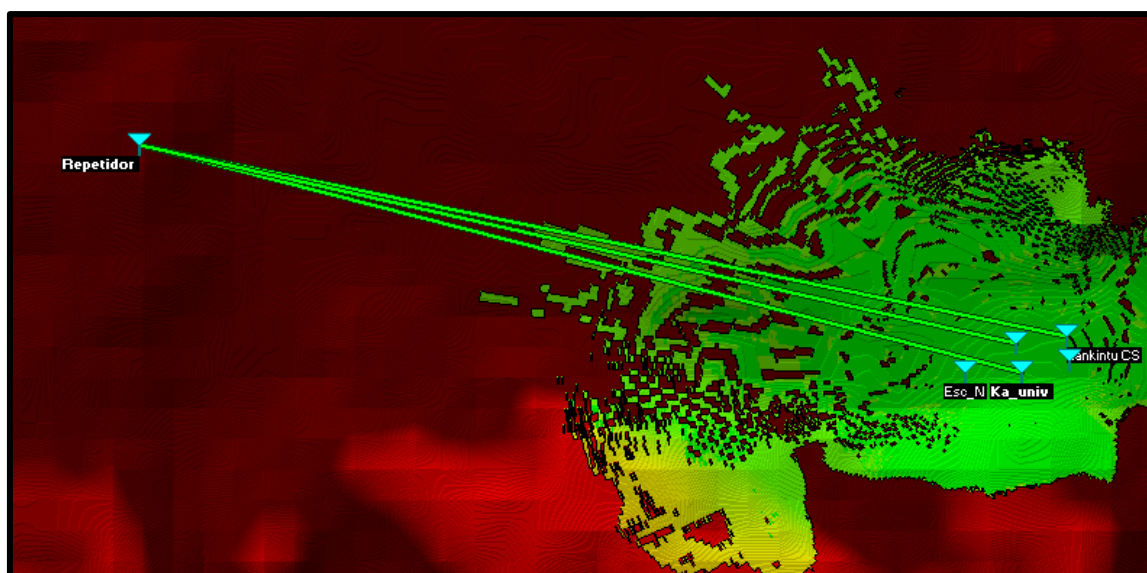


Ilustración 11: Distribución conectividad Kankintu

En el laboratorio del colegio, y al contar con ordenadores portátiles con dispositivos WiFi, es más factible la instalación de un router WiFi, al que se conecten dichos equipos y como manera preventiva con varias salidas Ethernet.

## Protección eléctrica de localidades

Localidad	Tipo de protección
Chiriquí Grande	Para rayos & puesta a tierra de equipos
Repetidor	Para rayos & puesta a tierra de equipos
Colegio agustiniano	Para rayos & puesta a tierra de equipos
Centro de salud	Puesta a tierra de equipos
Casa curial	Puesta a tierra de equipos
Escuela nocturna	Puesta a tierra de equipos
Centro de nutrición	Puesta a tierra de equipos

Tabla 3: Tipos de protección eléctrica en localidades

Con el sistema de protección eléctrica se protegen los equipos ante descargas eléctricas ambientales. El sistema consta de un pozo de puesta a tierra en el pie de cada torre y en el tope de la torre una punta de franklin (Pararrayos) conectada al pozo de tierra por un cable de cobre de 4mm de grosor. El pozo de puesta a tierra, para nuestro caso se recomienda sea horizontal, por la facilidad de mantenimiento que permite.

En cada una de las localidades sin excepción, se debe instalar sistemas de protección además de los configurados para las torres, para la protección del equipo contra posibles descargas directas y corrientes parasitas.

## Dimensionado de la red

Telefonía IP, tomando en cuenta en asterisk con un códec G.711 que cada canal (2 por conversación) debe tener como mínimo un ancho de banda de 64 Kbps disponibles mas las cabeceras de las tramas, aproximadamente 87.2 Kbps por canal y cada llamada ocupa dos canales, es decir 174.4 kbps por llamada. Asumiendo el peor de los casos, en el que todos los cuatro usuarios de la red con asterisk estén hablando entre ellos se necesitaría un ancho de banda total en nuestro enlace troncal dedicado de aproximadamente 348Kbps.

Por otro lado la utilización de la puerta de salida a telefonía de red pública conmutada, asumiendo la hora pico del día, donde:

- El centro de salud realiza 5 llamadas de 180 segundos.
- La casa curial realiza 2 llamadas de 60 segundos.
- El colegio agustiniano/universidad realiza 2 llamadas de 60 segundos.

Tenemos que la red tendría una utilización de 0.3326 erlangs y para un canal con reintentos la probabilidad de bloqueo de la llamada sería de entre un 35 y 40%; esto se podría mejorar a un 5% de bloqueo adicionando una línea mas de salida a red publica conmutada.

En el caso de nuestra red de Datos a internet, tendríamos un ancho de banda de bajada de 5 Mbps y de subida 756 Kbps, dividido entre 21 ordenadores con capacidad de conectividad a internet, esto equivale a que en el peor de los casos en horas picos donde todos los usuarios hacen peticiones de internet, tendríamos a cada usuario tendría un ancho de banda disponible de 230 Kbps de bajada y 36 Kbps de subida.

Se debe tener en cuenta que con este ancho de banda es posible realizar navegación normal en internet, aunque no se podrían realizar descargas de archivos Peer to peer, video/video streaming ni videoconferencias mientras hayan muchos usuarios conectados en la red.

Los enlaces troncales, deben tener como mínimo 7Mbps de ancho de banda reales disponibles, para suplir el servicio de conectividad a los puntos en Kankintú; el diseño se ha realizado para que sea posible configurarlo con 26Mbps.

# Esquemático de red

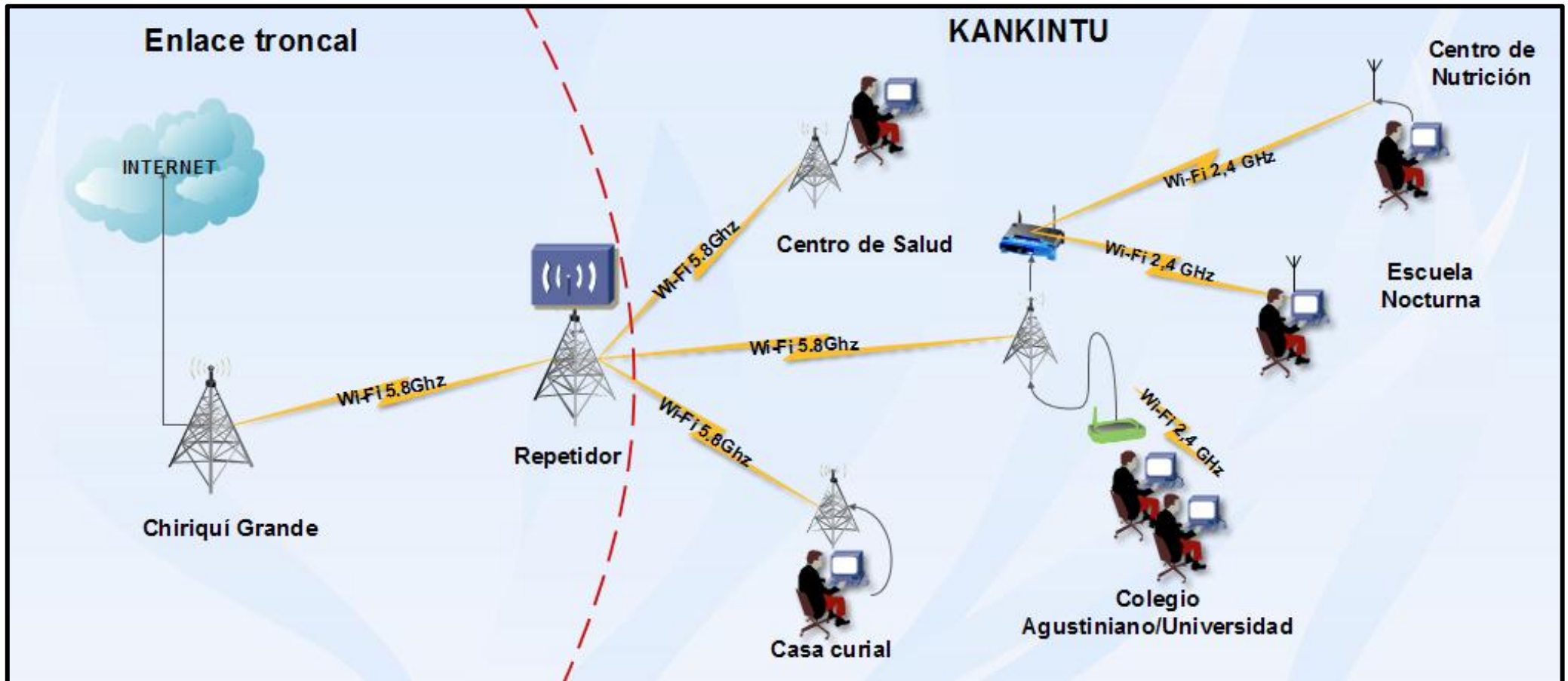


Ilustración 12: Esquemático de la red

## Dimensionado PV de los enlaces WiFi

Debido a la falta de servicio eléctrico en las localidades donde serán ubicados los equipos de telecomunicación que serán utilizados para llevar a cabo el enlace entre Kankintú y Chiriquí Grande. Se hace necesaria la implementación de un sistema de producción y almacenamiento eléctrico autosuficiente que cumpla con las necesidades de consumo de los equipos, en cada una de las localidades.

Tras ser evaluadas las diferentes posibilidades para la implementación de un sistema de alimentación eléctrica autónomo y que requiera la menor intervención humana posible. En nuestro caso consideramos la energía solar como la mejor opción por su facilidad de instalación, el poco impacto visual que tienen los paneles solares y la poca necesidad de mantenimiento e intervención humana que necesitan durante su vida útil.

Además la zona de intervención es propicia para este tipo de soluciones energéticas por contar con muy buena irradiación solar anual, debido a su ubicación geográfica próxima a la línea del ecuador y las condiciones climáticas de la zona. (Ver anexo, Solar)

Decidido esto hemos realizado un dimensionado fotovoltaico para cada una de las localidades y exclusivamente para alimentar los equipos necesarios para que el enlace de telecomunicaciones no dependa de ninguna alimentación externa.

Dicho dimensionado se ha realizado tomando el peor mes de radiación solar, para la zona de Panamá donde se implementará, que es noviembre con  $3.6 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$ , pérdidas por rendimiento de inversor y auto descarga de baterías de 0.005% cada una. Tres (3) días de autonomía del sistema con voltaje nominal de 24V. Pérdida de rendimiento de batería, perdidas de Joules, perdidas por rendimiento de regulador de 0.1% cada una y 70% de descarga máxima de batería. Con lo anteriormente dicho; tenemos un 68% de rendimiento de instalación a lo que debemos aplicar un 20% de seguridad como colchón ante algún aumento de consumo.

Tomando en cuenta los equipos necesarios en cada uno de los puntos de la red WiFi diseñada, se ha realizado un análisis de consumo y dimensionado fotovoltaico que ha dado como resultado la siguiente tabla que describe la necesidad energética en cada punto y lo necesario para suplirla:

Chiriquí Grande	Cantidad	Consumo (w)	Horas de uso	Consumo Total W-h	Paneles	Baterías
Ubiquiti Rocket M5	1	8	24	<b>504</b>	X3 Panel de 24V y 140WP	X2 12V y 210AH
Router ADSL Cable Wireless	1	6	24			
Cubox	1	3	24			
ATA	1	4	24			

Repetidor	Cantidad	Consumo (w)	Horas de uso	Consumo Total W-h	Paneles	Baterías
Ubiquiti Rocket M5	2	8	24	<b>384</b>	X2 Panel de 24V y 140WP	X2 12V y 140 AH

Casa curial	Cantidad de equipos	Consumo (w)	Horas de uso	Consumo Total W-h	Paneles	Baterías
Ubiquiti Airgrid M5	1	3	24	<b>216</b>	x1 panel de 140WP 24v	X2 12V y 70AH
ATA	1	2	24			
Hub	1	4	24			

Centro de salud	Cantidad de equipos	Consumo (w)	Horas de uso	Consumo Total W-h	Paneles	Baterías
Ubiquiti Airgrid M5	1	3	24	<b>216</b>	x1 panel de 140WP 24v	X2 12V y 70AH
ATA	1	2	24			
Hub	1	4	24			

Escuela nocturna	Cantidad	Consumo (w)	Horas de uso	Consumo Total W-h	Paneles	Baterías
Ubiquiti picostation M2	1	8	24	<b>210</b>	x1 Panel de 24V y 140WP	X2 12V y 70AH



Centro de nutrición	Cantidad	Consumo (w)	Horas de uso	Consumo Total W-h	Paneles	Baterías
Ubiquiti picostation M2	1	8	24	<b>210</b>	x1 Panel de 24V y 140WP	X2 12V y 70AH

Colegio/Universidad	Cantidad	Consumo (w)	Horas de uso	Consumo Total W-h	Paneles	Baterías
Ubiquiti Rocket M5	1	8	24	<b>576</b>	X3 Panel de 24V y 140WP	X2 12V y 210AH
Ubiquiti Bullet M2	1	7	24			
ATA	1	2	24			
Hub	1	4	24			
Router Tplink TL-WA901ND	1	6	12			

**\*NOTA:** Se ha decidido dimensionar la mayoría de las localidades con paneles fotovoltaicos de las mismas denominaciones, con el motivo de conseguir mejor precio de venta por parte de los proveedores de paneles.

**\*NOTA:** Las localidades de centro de salud y la casa curial se han dimensionado tomando en cuenta solo un 15% de seguridad, para disminuir la necesidad de adquirir más módulos fotovoltaicos.

**\*NOTA:** Se colocarán inversores de 500 W en las localidades: Chiriquí Grande, Colegio Agustiniano, Casa curial y el centro de salud, por la necesidad de alimentar los equipos que no son a 24V DC (Hubs y ATA).

Esta opción tiene un precio estimado de 30,569.63 euros incluyendo el dimensionado fotovoltaico para la red de comunicaciones tal y como, se detalla a continuación:

<b>Cantidad</b>	<b>Equipo</b>	<b>Precio unidad</b>	<b>total</b>
x4	Router Rocket 5Ghz	€ 20.15	€ 480.60
x4	Antena Rocket	€ 169.32	€ 677.28
x4	Sujeción	€ 59.70	€ 238.80
x2	Airgrid 5Ghz	€ 99.75	€ 199.50
x2	Pico Station 2.4Ghz	€ 139.60	€ 279.20
x1	Bullet M2	€ 90.41	€ 90.41
x1	Omni 13 dBi	€ 225.15	€ 225.15
x1	Router Tplink WR-1043ND	€ 68.95	€ 68.95
x3	Teléfono análogo	€ 19.99	€ 59.97
x1	Cubox	€ 148.18	€ 148.18
x1	ATA Gateway Grandstream HT503	€ 70.75	€ 70.75
x1	memoria 64G microSD cubox	€ 36.10	€ 36.10
x3	ATA Grandstream HT286	€ 45.70	€ 137.10
x4	Switch netgear GS105E	€ 25.92	€ 103.68
x1	Rollo cable UTP CAT 5 305m	€ 99.95	€ 99.95
x100	Conectores RJ45	€ 0.09	€ 9.00
x2	Baterías 12V 140ah	€ 646.94	€ 1,293.88
x10	Panel fotovoltaico 140WP Atersa	€ 300.00	€ 3,000.00
x8	Baterías 12V 70ah	€ 300.00	€ 2,400.00
x2	Panel fotovoltaico 70WP Atersa	€ 269.00	€ 538.00
x4	Batería 12V 210A-h	€ 630.00	€ 2,520.00
x8	POE pasivo 24Vdc	€ 10.50	€ 84.00
x4	Inversor 500W	€ 99.50	€ 398.00
x7	Regulador Atersa mino	€ 82.89	€ 580.23
x7	Interruptor eléctrico de protección bipolar	€ 10.00	€ 70.00
x6	Toma corriente tipo B, Nema 5	€ 5.00	€ 30.00
x500	Puntillas sujeción cables	€ 0.02	€ 10.00
x400	Tie rack	€ 0.02	€ 8.00
x1	Carrete Alambre azul 4mm , 100 metros	€ 40.10	€ 40.10
x1	Carrete Alambre marrón 4mm , 100 metros	€ 40.10	€ 40.10
x1	Carrete Alambre verde 4mm , 100 metros	€ 40.10	€ 40.10
x4	Caja de interior	€ 40.00	€ 160.00
x3	Caja de intemperie	€ 149.30	€ 447.90
x1	Torre 30 metros Chiriquí con protección eléctrica y accesorios	€ 9,200.00	€ 9,200.00
x1	torre 21metros repetidor con protección eléctrica y accesorios	€ 6,785.00	€ 6,785.00
		<b>total</b>	<b>€ 30,569.93</b>

\*\*El precio de las torres incluye la protección eléctrica y accesorios de sujeción.

Ventajas:

- Ofrece seguridad de conexión para los sitios con prioridad de conexión.
  - Debido a que no dependen de ningún nodo diferente al repetidor.
- Permite conectividad, prácticamente desde cualquier punto del pueblo, con dispositivos WiFi 2.4Ghz que tengan suficiente potencia de transmisión.

Desventajas:

- Los puntos conectados al punto de acceso tendrían la dependencia de este, y en caso de fallos perderían conectividad.

## Dimensionado Centro de cómputos

Actualmente en el colegio agustiniano, donde funcionan las instalaciones de la universidad de Panamá hay un centro de cómputos con quince ordenadores portátiles con consumo máximo de 90 vatios cada uno. Debido al problema de la falta de alimentación eléctrica en la comunidad y al disponer un dimensionado fotovoltaico suficiente para poner a funcionar los ordenadores en el centro educativo, se ven obligados a utilizar un generador eléctrico que funciona con diesel.

Los costos del diesel en la comunidad se hacen bastante caros, por los problemas de transporte que ya conocemos. Esto hace insostenible la utilización del centro de cómputos regularmente por los gastos a los que se debe incurrir para su utilización por una hora.

Con el objetivo de permitirle una mayor libertad de los combustibles fósiles y disminuir los gastos en estos para la utilización del centro de cómputos; también incentivar a la realización de más practicas con ordenadores, hemos realizado un dimensionado fotovoltaico. Se ha considerado la posibilidad de utilizar los 15 ordenadores simultáneos en el centro de cómputos, cada ordenador con un consumo estimado de 90 W con una utilización máxima de 6 horas diarias, esto equivale a 8.100 KWh al día.

Tomando en cuenta los mismos parámetros de dimensionado que los tomados para las localidades de transporte. Nuestro sistema debe tener la capacidad de suplir 14.5 KWh al día, esta necesidad la podríamos suplir con:

Cantidad	Equipo		Precio unidad	total
X21	Panel fotovoltaico 24V, 235WP Atersa	€	570.00	€ 11,790.00
X24	Baterías 12V 210ah	€	630.00	€ 15,120.00
x1	<b>Inversor 15Kw</b>	€	<b>3,500.00</b>	€ <b>3,500.00</b>
x1	Regulador de V-2 12/24 Voltios 15A	€	60.00	€ 60.00
			<b>Total</b>	€ 30,350.00

Tabla 4: Estimado sistema fotovoltaico Colegio/Universidad

## Equipos

### Equipos de telecomunicación

Nuestra solución de telecomunicaciones para Kankintú mediante la utilización de la tecnología WiFi IEEE 802.11 (en sus variantes a, b, g y n) donde se utilizara la banda de 5 GHz para los enlaces de larga distancia entre Chiriquí grande (enlace troncal), el nodo repetidor y tres localidades en Kankintú, el colegio san Agustín, casa curial y el centro de salud; en 2.4 GHz para la distribución de conectividad en Kankintú, con especial énfasis en el centro de nutrición y escuela nocturna.

Para viabilizar este enlace, estaremos utilizando los equipos ubiquiti por tener una amplia carpeta de equipos WiFi para largas distancias que se adaptan a todas las necesidades de conectividad de nuestra solución y resultan ser fácilmente configurables debido a su interfaz web bastante intuitiva; una persona con conocimientos básicos de configuración WiFi puede fácilmente configurarles y ponerles en funcionamiento.

Los equipos ubiquiti de la serie M, tienen herramientas de monitorización de espectro. Con esto se facilita el trabajo de identificar problemas por interferencias y asignar los canales más limpios disponibles.

### Ubiquiti Rocket M5

En nuestro caso, estaremos utilizando en la banda de 5.8 GHz los equipos Ubiquiti rocket M5 para los enlaces troncal que van desde Chiriquí Grande al repetidor y al colegio san Agustín. Este equipo tiene la capacidad de funcionar en 802.11n con antenas configuradas en modalidad Múltiple input múltiple output (MIMO), lo cual mejora las prestaciones y robustez de los enlaces de largas distancias, al aprovechar la propagación multi trayecto para mejorar la tasa de transmisión y disminuir la tasa de errores de los enlaces. Esto por la utilización de dos antenas que transmiten la misma información pero en dos polarizaciones diferentes, mientras otra antena de iguales características recibe la información.



Ilustración 13: Ubiquiti rocket

#### Información del sistema

<b>Modelo</b>	<b>RM5-Ti</b>
Procesador	Atheros MIPS 74KC, 550 MHz
Información de memoria	128 MB SDRAM, 8 MB Flash
Conectores RF	2 RP-SMA (Waterproof) 1 SMA (GPS)
<b>Otras características</b>	

Consumo eléctrico	24V/ 8 Watts
Alimentación	POE
Características encapsulado de	Aluminio
Peso	350g
Posible ubicación	A intemperie, acoplado a la antena
Puertos LAN	2
Modos	Cliente, Access point y repetidor

Tabla 5: Características Ubiquiti rocket, Ver 20

### Ubiquiti rocketdish

Son dos antenas en una, permite la utilización de la tecnología MIMO, dicha antena es fabricadas por ubiquiti y son especialmente diseñadas para ser utilizadas con los routers ubiquiti rocket serie M.

Esta antena parabólica en su parte trasera, tiene agarres especiales para colocar los ubiquiti rocket así y reducir la perdida por cables y conectores, debido a la cercanía entre el equipo y la antena.

Esta antena es fabricada para varias bandas, 2.4, 3 y 5 GHz; en nuestro caso estaremos utilizando la correspondiente a la banda de 5GHz y con una ganancia de 30 o 34dBi; nuestro sistema ha sido diseñado con la antena de 30dBi modelo **RD-5G-30** para asumir el peor de los casos.



Ilustración 14: Rocket Dish, vista trasera

Características de la antena	
Rango de frecuencia	5.1-5.8GHz
Ganancia	30 dBi
Diámetro	648 mm
Peso	9.8 Kg
Viento máximo	113 lb@160KMH
Polarización	Linear dual
Polarización cruzada	35dB mínimo
Mounting	Universal pole mount, Rocket M bracket y waterproof RF jumpers

Tabla 6: Características Ubiquiti rocketdish, Ver 21

## Ubiquiti Airgrid M5

Estos routers serán utilizados en la conexión directa con la estación repetidora de la casa curial y el centro de salud, es un router muy versátil y con muy bajo consumo eléctrico. En este caso el router está empotrado en una antena grillada de diferentes ganancias disponibles, nuestro diseño fue hecho en base a la de menor ganancia 23dBi, asumiendo el peor de los casos.

Esta antena se alimenta por POE a 24 voltios, la ventaja de utilizar este equipo es la facilidad de instalación al no requerirse la instalación a parte de los equipos de telecomunicaciones y la baja o nula pérdida por conectores que tiene.



Ilustración 15: Ubiquiti Airgrid

Información del sistema	
<b>Modelo</b>	<b>Airgrid M5 HP- 23Dbi</b>
Procesador	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz
Información de memoria	32 MB SDRAM, 8 MB Flash
Conectores RF	2 RP-SMA (Waterproof) 1 SMA (GPS)
<b>Otras características</b>	
Consumo eléctrico	24V/ 3 Watts
Alimentación	POE
Características encapsulado	de Plástico
Peso	5 kg
Posible ubicación	A intemperie, acoplado a la antena
Puertos LAN	1
Modos	Cliente, Access point y repetidor

Rango de frecuencia	5.1-5.8GHz
Ganancia de la antena	27 dBi
Polarización	Horizontal o Vertical

Tabla 7: Características Ubiquiti airgrid, Ver 22.

### Ubiquiti Bullet M2

Este equipo será utilizado como punto de acceso para brindar conectividad a cualquier punto en los alrededores del colegio agustiniano en Kankintú, y será el punto de enlace de los puntos sin prioridad, la escuela nocturna y el centro de nutrición.

Dicho equipo funciona con WiFi 802.11 b/g /n, es muy versátil por el poco espacio que ocupa y la facilidad de montaje en cualquier tipo de antena, en nuestro caso estaremos utilizándolo con una antena omnidireccional de 13 dBi.



Ilustración 16: ubiquiti Bullet

Este equipo se conectara al switch del colegio, donde se distribuirá la conectividad en el colegio agustiniano y también estará conectado el router troncal rocket.

Información del sistema	
<b>Modelo</b>	<b>Airgrid M2 HP- 13Dbi</b>
Procesador	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz
Información de memoria	32 MB SDRAM, 8 MB Flash
Conectores RF	2 RP-SMA (Waterproof) 1 SMA (GPS)
Otras características	
Consumo eléctrico	24V/ 8 Watts
Alimentación	POE
Características encapsulado	de Plástico
Peso	0.18 kg + antena



Posible ubicación	A intemperie, acoplado a la antena
Puertos LAN	1
Modos	Cliente, Access point y repetidor
Rango de Frecuencia	2.4GHz
Ganancia de la antena	27 dBi
Polarización	Horizontal o Vertical(depene de antena)

Tabla 8: Características Ubiquiti bullet, Ver 23

### Ubiquiti picostation

Este router servirá para dar conectividad al centro de nutrición y la escuela nocturna de la comarca, será configurado en modo cliente y se conectara a la red en la banda 2.4GHz que será configurada en el colegio agustiniano con el equipo Ubiquiti bullet M2.

Este equipo se conectara a través de su puerto Ethernet directamente a un ordenador o en su defecto a un switch que redistribuya la conectividad entre otros equipos.

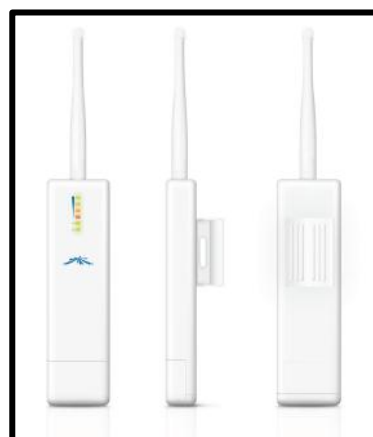


Ilustración 17: Ubiquiti picostation M2

Información del sistema	
<b>Modelo</b>	<b>Picostation M2-HP</b>
Procesador	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz
Información de memoria	32 MB SDRAM, 8 MB Flash
Conectores RF	2 RP-SMA (Waterproof) 1 SMA (GPS)
<b>Otras características</b>	

Consumo eléctrico	24V/ 8 Watts
Alimentación	POE
Características de encapsulado	Plástico
Peso	0.10 kg
Posible ubicación	A intemperie
Puertos LAN	1
Modos	Cliente, Access point y repetidor
Rango de frecuencia	2.4GHz
Ganancia de la antena	9 dBi

Tabla 9: Características Ubiquiti picostation, Ver 24

### Router Tplink

Es el router de interiores que será utilizado para brindar conectividad dentro del laboratorio de ordenadores del colegio agustiniano/universidad de panamá, este router funciona en la banda de 2.4GHz y estará conectado directamente al switch de distribución del colegio.

Este router wifi, tiene tambien 4 puertos ethernet, lo que lo hace ideal para poder conectar algunos equipos a la red, por cable en el caso de necesitarse.

Tiene un consumo de 8Wh y debe ser alimentado con 12V.



Ilustración 18: Router Tplink WR-1043ND

### Mini ordenador Cubox

Es un ordenador ultra pequeño y con muy bajos niveles de consumo de energía, bastante potente como servidor de servicios de telefonía como asterisk y de monitorización remota de equipos como Zabbix o nagios.

Es un equipo probado y con muy buenos comentarios, siendo utilizado como servidor de asterisk sirviendo a redes pocos usuarios y con salida a la red publica conmutada, con sistema operativo Linux, a través de un dispositivo ATA. Este equipo será utilizado también como monitorizador de los equipos de la red con el servicio zabbix-snmp.



Ilustración 19: Cubox

Será complementado con una extensión de su memoria de almacenamiento de 2GB que es la básica a 32 con la adquisición de una nueva tarjeta microSD.

Información del sistema	
<b>Modelo</b>	<b>CUBOX</b>
Procesador	Marvell ARMv7 Core 800MHz
Información de memoria	1Gb ram
Almacenamiento	2Gb Micro SD card/ extendible a 32Gb
<b>Otras características</b>	
Consumo eléctrico	3W
Alimentación	5V
Puertos LAN	1
Sistema operativo disponible	Linux 2.6 y Android 2.2

Tabla 10: Características mini ordenador CUBOX, Ver 24

### Conectores ATA Granstream

ATA o Analogue terminal adapter, son los equipos que utilizaremos como interfaces entre nuestro sistema de voz sobre IP y los teléfonos análogos que estaremos utilizando en cada una de las localidades; también como interfaz hacia la red publica conmutada, ya que por Ethernet es la única forma de conectar el cubox hacia PSTN.

Estaremos utilizando el modelo Grandstream Gateway HT503 en Chiriquí grande, ya que nos permite utilizarlo como puente entre nuestro servidor asterisk nativo en el cubox y la red publica conmutada, y a la vez podemos conectar un teléfono análogo con el cual se podrán realizar llamadas tanto en la red IP como al exterior. Este equipo



Ilustración 20: ATA Grandstream HT503

tiene un consumo de 4W y debe ser alimentado a 5V. (Ver 26)

Por otro lado estaremos utilizando el ATA Grandstream HT286, con el cual conectaremos los teléfonos analógicos a la red ip que implementaremos en Kankintú, para su utilización en la comunicación de la casa curial, colegio agustiniano y el centro de salud entre ellos, con Chiriquí grande y el mundo. Tiene un consumo de 2W y debe ser alimentado a 5V. (Ver 27)



Ilustración 21: ATA Grandstream HT286

Estos equipos ATA serán utilizados, ya que consisten en una mejor opción que implementar y configurar teléfonos IP's en las localidades. En este caso solo se configura el Gateway ATA y se conectarán los teléfonos análogos a estos. No es necesario conocer de tecnología para conectar un teléfono analógico.

### Power over ethernet (POE) activos y pasivos 24V

Los equipos ubiquiti que estaremos utilizando son alimentados exclusivamente a través de POE, en nuestro caso estaremos utilizando dos tipos de POE, los pasivos que toman corriente directa y directamente alimentan el cable y los POE convencionales que toman corriente alterna y la transforman en directa para inyectarla al sistema.



Ilustración 22: PoE pasivo Dc/Dc

Los POE, tienen 2 conectores hembra RJ45 donde se conectan el cable de datos que viene del router adsl o el ordenador al cual se conecta el router y otro que va hacia el router al cual se le va a alimentar. La tecnología POE utiliza 2 cables en desuso en los cables de red UTP. El tipo de POE pasivo que estaremos utilizando en nuestro sistema será el **Alfa Network APOE03** que admite voltajes desde 5V hasta 57V y una potencia máxima de 48W.

El dispositivo POE AC/DC que estaremos utilizando en las localidades que lo necesiten será el Ubiquiti 24V que viene por defecto con los equipos.

### Cables UTP con conectores

Para interconectar los equipos de comunicaciones en las localidades y hacer la comunicación viable entre los puntos es necesario utilizar 24 cables UTP con 48 conectores RJ45.

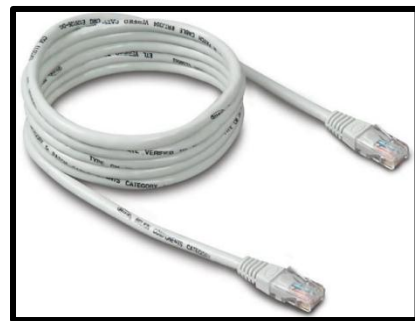


Ilustración 23: cable UTP

### Cajas de intemperie

Cajas de intemperie, normalmente de aluminio. Son utilizadas para proteger los equipos de telecomunicaciones y eléctricos en contra de los embates de la naturaleza. En nuestro caso los estaremos utilizando en las torres de Chiriquí grande y la estación repetidora. Para los otros puntos, los equipos podrían ser ubicados en el interior de las ubicaciones en cajas protectoras que aíslen los equipos de intervención humana indeseada.



Ilustración 24: Caja de intemperie

## Torres y mástiles

En nuestro proyecto estaremos utilizando dos torres de 30 y 21 metros respectivamente, y mástiles o tubos galvanizados que se ajustaran a las infraestructuras de las localidades donde daremos conectividad para posicionar las antenas y equipos necesarios para completar el enlace.

El agarre de los equipos en estos, se realizaría con elementos de sujeción:

- *Abrazaderas*
- *Tubo en U*
- *Tubo mástil*
- *Tuercas y tornillos*

## Protección eléctrica (torres y localidades)

La protección eléctrica es parte importantísima para mantener la integridad de los equipos y protegerlos ante cualquier descarga eléctrica o alguna corriente parasita que pueda generar en el sistema.

Dada la importancia de la protección de los equipos, recomendamos la utilización de sistemas de para rayos (SPAT) en las torres de Chiriquí Grande, estación repetidora y en el colegio agustiniano. Este sistema SPAT consiste en varios componentes:

- Pozo de puesta a tierra.
- Barra master de puesta a tierra.
- Punta de Franklin.
- Cable de puesta a tierra.



Ilustración 25: Punta de Franklin

## Sistema fotovoltaico y alimentación eléctrica

El sistema fotovoltaico es el que brindara autonomía eléctrica al sistema de comunicaciones que hemos diseñado, este sistema consta de varios elementos que ya conocemos:

- Paneles fotovoltaicos
- Regulador
- Baterías
- Monturas metálicas de paneles en torres y en techos.
- Alambres de interconexión
- Inversor de 500W (en algunas localidades con equipos que tienen voltajes diferentes)

## Ejecución de proyecto

La parte más delicada en la implementación de un proyecto luego de la fase de evaluación y planificación es la ejecución de este, ya que es donde los errores pueden tener mas impacto en la efectividad del proyecto y la obtención de los objetivos planteados.

Por ello es necesaria la realización de una planificación detallada con los pasos a seguir para poner en funcionamiento nuestra red de comunicación, que brindará a Kankintú conectividad a internet y voz sobre Ip. La planificación para ejecutar el proyecto se ha dividido en diferentes hitos, y cada hito en sub tareas consecutivas que darán lugar una red de comunicaciones WiFi, totalmente funcional.

La planificación se ha realizado teniendo en cuenta un equipo fijo de nueve personas, tres personas con conocimientos en este tipo de redes, que trabajaran en colaboración con tres personas locales con conocimientos técnicos y que serán responsables del posterior mantenimiento de la red. Por otro lado tendremos tres obreros locales quienes estarán participando como mano de obra pesada en el proyecto.

Estamos tomando en cuenta también al menos un equipo de personal externo de la empresa encargada de la venta e instalación de las torres en Chiriquí grande y la repetidora.

(Ver anexo, **Planificación** con Microsoft Project)

## Ejecución

### Verificación de línea de vista y condiciones del terreno

Lo primero a realizar antes de empezar todo lo concerniente a la ejecución del proyecto, es comprobar las condiciones de terreno planteadas con la utilización de software de simulación y google earth. Se hace necesaria la verificación de línea de vista desde el punto de repetición hacia la casa curial en Chiriquí grande y los 3 puntos con prioridad en Kankintú. Confirmar por tanto que no existe ningún obstáculo que podría hacer no viable alguno de nuestros enlaces.

En caso de existir obstrucciones, sería necesario replantear soluciones tales como el aumento en la altura de ubicación de los equipos en la torre y última opción la ubicación de otro punto desde donde sean viables los enlaces.

Sera estrictamente necesaria, la realización de pruebas de resistividad de terreno, para verificar lo necesario para la instalación de una protección eléctrica con puesta a tierra efectiva del sistema a instalar en este punto, tomando en cuenta que para una puesta a tierra óptima, la resistividad máxima de este debe ser no mayor de  $10\Omega$ .

La verificación desde el punto donde se ubicaría la torre de repetición, serviría también para conocer las condiciones de acceso y terreno. Teniendo las condiciones actuales de camino hacia allí nos permitirá estimar costos y tomar las acciones necesarias para habilitar el terreno de forma tal que este listo al momento de la instalación de la torre.

En la casa curial de Chiriquí grande se debe verificar que exista espacio suficiente para para la localización de la torre y fijación de sus vientos en los terrenos contiguos.

Sera necesario en este punto la verificación del espectro de la banda de 5.8Ghz de WiFi, en caso de haber alguna señal en esta frecuencia, será necesario escoger la menos utilizada, para nuestros enlaces con la estación Chiriquí grande y Kankintú.

### Verificación Infraestructura puntos Chiriquí Grande y Kankintú

#### Chiriquí Grande

El primer lugar a verificar podría ser este, debido a que para llegar a Kankintú hay que pasar por aquí, lo principal que se debe hacer es, comprobar si la edificación de la casa curial en Chiriquí Grande tiene suficiente capacidad de aguantar una torre donde la ubicación de los equipos haga viable el enlace con el repetidor. Si fuere, esto conllevaría, un ahorro en el coste de la torre que allí se ubicaría, la cual debería ser de 30mts. En caso de no ser viable la ubicación en el techo, se continuara con el plan inicial de ubicación de la torre en los terrenos contiguos con la casa curial.



Se deberían también hacer medidas de la resistividad del terreno y mejorarla en caso de encontrar valores altos.

Será necesaria en este punto la verificación del espectro de la banda de 5.8Ghz de WiFi. En caso de encontrar señales en esta banda, será necesario escoger la frecuencia menos utilizada, para nuestro enlace con la estación repetidora.

## **Kankintú**

### **Colegio agustiniano/ Universidad de Panamá**

Debido a que en el colegio agustiniano, donde también funciona la extensión de la Universidad de Panamá, existe un laboratorio de ordenadores y no hay fuente de alimentación eléctrica que permita un uso regular de este. Con el fin de instalar un sistema fotovoltaico que permita la utilización regular de estos equipos se debe verificar que se cuenta con aproximadamente 250 mts cuadrados donde se instalaran los paneles fotovoltaicos, que darán electricidad exclusivamente al laboratorio de ordenadores.

Se debe tener especial cuidado, ya que esta zona no debe tener ninguna fuente de sombra en el trayecto del sol (a ninguna hora del día), y los paneles solares deberán mirar hacia el norte geográfico con una inclinación de 28 grados.

Es necesaria una inspección de la edificación donde serán instalados los equipos y evaluar el punto optimo respecto al laboratorio de ordenadores donde deberá estar ubicado el ubiquiti rocket 5M conectado directamente a la estación repetidora con línea de vista directa, el router ubiquiti bullet M2 con antena omnidireccional que servirá como punto de acceso para las picostations en el pueblo y 2 paneles de 140WP con sus respectivas baterías y regulador para alimentar el equipo.

En este punto se deberán realizar medidas de la resistividad del terreno.

Sera necesaria también la verificación del espectro de la banda de 5.8Ghz y 2.4 GHz de WiFi, en caso de haber alguna señal en esta frecuencia, será necesario escoger la menos utilizada, para nuestros enlaces.

### **Centro de salud y casa curial en Kankintú**

Deben ser también inspeccionados el centro de salud y la casa curial en Kankintú, donde serán instalados un router ubiquiti Airgrid 5M en cada una de estas ubicaciones, con sus respectivos sistemas fotovoltaicos.

## **Centro de nutrición y escuela nocturna**

En el caso del centro de nutrición y la escuela nocturna donde ubicaremos ubiquestions M2, se deberán determinar la ubicación óptima de los equipos, con el fin de que tengan la menor cantidad de obstrucciones en línea con el punto donde se ubicará la antena omnidireccional en el colegio agustiniano.

En la primera visita a la zona es recomendable que sea llenado un formulario donde se haga constar las informaciones recolectadas en el levantamiento, con lo que se tomara la decisión de ejecutar el proyecto o no y se ajustara la planificación en base a lo disponible en el lugar.

Este formulario deberá tener incluida informaciones como:

- Nombre de localidad.
- Coordenadas exactas de la localidad.
- Servicios de telecomunicación existentes en el lugar.
- Verificación si hay torres reutilizables.
- Verificación de edificaciones, si son aptas o no, para la instalación de equipos y/o torres.
- Servicios de energía disponibles en el lugar.
- Tipo de transporte hacia la zona.
- Costo del transporte.
- Frecuencia del transporte.
- Fenómenos atmosféricos en la zona.
- Materia prima, que se necesitara será posible conseguir en la zona.
- Seguridad del punto.
- Conductividad de la tierra o resistividad.

## **Consulta de equipos y servicios**

Una vez comprobada en el campo la viabilidad de la red que teóricamente habíamos planteado y/o corregido alguna eventualidad que no se había tomado en cuenta en las simulaciones que podría hacer los enlaces inviables, se debe proceder a contactar los proveedores locales que puedan suplir los equipos de telecomunicaciones, torres necesarias y los equipos fotovoltaicos.

Es importante también conocer la disponibilidad de la conexión ADSL existente en Chiriquí grande, que nos servirá de pasarela a internet para la red que hemos de implementar. Conocemos que la empresa “cable wireless” ofrece servicios ADSL en la zona con velocidades de 1 a 5 Mbps, dependiendo del servicio contratado. Sería prudente que a la

hora de implementación de la red, sea confirmado que ninguna otra empresa ofrezca servicios que brinden mejores velocidades a nuestra implementación y/o mejores precios.

En el caso de existir otra empresa que mejore la oferta de cable & Wireless, se debe proceder a realizar la solicitud del servicio, de forma tal que el tiempo de instalación del servicio se cumpla antes de la instalación de los equipos de nuestra red en Chiriquí grande.

Deben ser consultados al menos 3 proveedores de equipos de telecomunicaciones que tengan en existencia los equipos ubiquiti y complementos necesarios para nuestra red y verificados en Panamá la posibilidad de adquirir un mini ordenador CUBOX y una memoria micro SD de 64GB, compatible con el Cubox para expandir su capacidad de almacenamiento; sino adquirirlo a través de su página (Ver 19). Por su lado deberán ser consultados 3 proveedores de equipos fotovoltaicos y lo mismo para las torres que serán utilizadas, es común que las empresas que ofertan equipos de telecomunicaciones también oferten equipos fotovoltaicos.

El motivo de consultar varias empresas proveedoras de equipos, es tener la disponibilidad de comparar precios ofertados que podrían variar de 10 a 15% entre las diferentes proveedoras y poder decidir por la mejor opción de todas las obtenidas.

### **Compra de equipos y solicitud de servicio**

Una vez evaluadas las diferentes alternativas de adquisición los equipos y accesorios necesarios para la implementación de nuestra red, comienza la etapa de solicitud y compra de los equipos. Ya se debe haber solicitado la instalación y puesta en funcionamiento de la conexión a internet en Chiriquí grande.

Con cada una de las mejores opciones seleccionadas; equipos de telecomunicación ubiquiti, sus accesorios, torres de telecomunicaciones con sus accesorios con sus respectivas protecciones PAT a tierra y los sistemas fotovoltaicos propuestos, se debe proceder a introducir las órdenes de compras en las respectivas empresas seleccionadas, dándoles plazos de no más de 15 días para completar el pedido.

Mientras se espera la entrega de los equipos, se deberá ir iniciando la preparación de las bases para las torres de Chiriquí grande y la estación repetidora que posiblemente requerirá la habilitación una ruta de acceso.

## Pruebas de laboratorio

Los equipos de telecomunicaciones y los necesarios para el dimensionado fotovoltaico de cada una de las localidades, serán seguramente los primeros en ser recibidos, una vez se tengan deberán ser configurados y realizadas pruebas de laboratorio con estos, comprobando las prestaciones de los mismos.

Dichas pruebas deberán ser lideradas por el equipo de ingenieros especialistas en este tipo de soluciones en conjunto con el equipo de ingenieros y técnicos locales en las instalaciones de la Universidad de Panamá.

## Configuración de equipos de telecomunicaciones

Una de las tareas principales del proyecto es la configuración de todos los equipos con el objeto de obtener la interconexión entre los puntos como se ha planificado anteriormente en el diseño de la red. Esta tarea debe ser realizada en el laboratorio de la Universidad de Panamá, donde se reúnen las condiciones de espacio, infraestructura y facilidades, como servicio eléctrico constante.

La configuración en los equipos WiFi es posible realizarla a través de la interfaz gráfica que tienen los equipos ubiquiti, a la cual se puede acceder con una dirección IP por default con la que vienen configuradas, mientras se está conectado directamente a cada equipo por Ethernet. La dirección Ip con la que viene predeterminada los equipos ubiquiti es: 192.168.1.20/24 y los datos de acceso son Usuario/Password: ubnt/ubnt (confirmar en los manuales de los equipos). Esta interfaz nos permite acceder a sus opciones y modificar los parámetros deseados.

En nuestro caso, los parámetros que modificaremos serán:

- 1- La configuración de direcciones IP de los equipos, aquí se asignaran direcciones IP fijas a cada uno de estos y se configurara la dirección IP del router ADSL como Gateway.
- 2- Configuración de las redes inalámbricas:
  - Asignar los roles de cada uno de los equipos.
    - SSID.
    - Tipo y clave de seguridad.
    - Modo de operación del router (AP/Station).
    - Potencia de salida.
    - Modo IEEE 802.11
    - Ancho del canal a utilizar, dependerá del modo IEEE 802.11
    - Y la tasa máxima de bits.

- 3- Configuración avanzada donde manipularemos los parámetros que nos permitirán adaptar 802.11 para su utilización en enlaces de largas distancias.
- Airmax, tecnología propietaria de ubiquiti networks que incrementa la tasa de bits de los enlaces. (solo se puede utilizar con equipos ubiquiti compatibles)
  - ACK mode for PtP, se activa o desactiva dependiendo la distancia del enlace punto a punto, podría impactar el bitrate por retransmisiones en largas distancias.
  - Umbral RTS, umbral de petición de envío;
  - Umbral de fragmentación; consiste en el nivel máximo que alcanzara el punto de acceso al enviar información en paquetes antes de que sean fragmentados.
  - Distancia del enlace, en los equipos ubiquiti se introducirán la distancia del enlace en millas.
  - ACK timeout, este parámetro se ajusta automáticamente dependiendo la distancia del enlace.
  - Datos de multicast.
  - DFS.
  - Aislamiento de cliente.
- 4- Configuración de servicios
- En esta parte se definen los servicios con los cuales será posible realizar tareas de administración de los equipos en remoto.
- 5- Configuración de sistema
- Aquí es donde se identifica el equipo y se le asigna un nombre con el cual podremos localizarlo fácilmente.

## Configuración de equipos WiFi

Punto	Chiriquí Grande	Repetidor-chi	Repetidor-kan	Colegio Agustiniano 5.8	Casa curial	Centro de salud	Colegio Agustiniano 2.4	Escuela nocturna	Centro de nutrición
<b>Estación</b>	Chiriquí	REP-CHI	REP-KAN	COL_REP	CASA_CUR	CENT_SALUD	COL_KAN	ESC_NOC	CEN_NUTR
<b>Nombre de usuario administración</b>	admin	admin	admin	admin	admin	admin	admin	admin	admin
<b>Contraseña administración</b>	K4NK1N71	K4NK1N71	K4NK1N71	K4NK1N71	K4NK1N71	K4NK1N71	K4NK1N71	K4NK1N71	K4NK1N71

### Red cableada

<b>Modo de red</b>	bridge	bridge	bridge	bridge	bridge	bridge	bridge	bridge	bridge
<b>IP del equipo</b>	192.168.1.100	192.168.1.110	192.168.1.111	192.168.1.120	192.168.1.130	192.168.1.140	192.168.1.122	192.168.1.160	192.168.1.170
<b>Gateway</b>	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1
<b>DNS</b>	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1	192.168.1.1
<b>STP?</b>	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Punto	Chiriquí Grande	Repetidor-chi	Repetidor-kan	Colegio Agustiniano 5.8	Casa curial	Centro de salud	Colegio Agustiniano 2.4	Escuela nocturna	Centro de nutrición
<b>Red inalámbrica</b>									
<b>Wireless mode</b>	Acces point	Cliente	Acces point	Cliente	Cliente	Cliente	Acces point	Cliente	Cliente
<b>SSID</b>	chi-rep	chi-rep	rep-kan	rep-kan	rep-kan	rep-kan	Kankintú	Kankintú	Kankintú
<b>Country code</b>	Panamá	Panamá	Panamá	Panamá	Panamá	Panamá	Panamá	Panamá	Panamá
<b>Modo 802.11</b>	A/N mixed	A/N mixed	A/N mixed	A/N mixed	A/N mixed	A/N mixed	B/G/N Mixed	B/G/N Mixed	B/G/N Mixed
<b>Ancho del canal</b>	20 MHz	20/40 auto	20 MHz	20/40 auto	20/40 auto	20/40 auto	20 MHz	20 MHz	20 MHz
<b>Channel shifting?</b>	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Frecuencia del canal</b>	A VERIFICAR con AIRVIEW	Auto	A VERIFICAR con AIRVIEW	Auto	Auto	Auto	2462 MHz: CH 11	Auto	Auto
<b>Potencia TX</b>	27 db	27 db	27 db	27 db	27 db	27 db	27 db	27 db	27 db
<b>Máxima tasa de bits</b>	Auto	Auto	Auto	Auto	Auto	Auto	Auto	Auto	Auto
<b>Tipo seguridad</b>	WPA2-AES	WPA2-AES	WPA2-AES	WPA2-AES	WPA2-AES	WPA2-AES	WPA2-AES	WPA2-AES	WPA2-AES

<b>WIFI</b>										
<b>Clave WiFi</b>	K4NK1N71	K4NK1N71	K4NK1N71	K4NK1N71	K4NK1N71	K4NK1N71	K4NK1N71	K4NK1N71	K4NK1N71	K4NK1N71
<b>Filtrado por mac?</b>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No
<b>policy allow</b>	Mac de clientes admitidos	Mac del AP	Mac de clientes admitidos	Mac del AP	Mac del AP	Mac del AP	N/A	N/A	N/A	N/A



Punto	Chiriquí Grande	Repetidor-chi	Repetidor-kan	Colegio Agustinian o 5.8	Casa curial	Centro de salud	Colegio Agustinian o 2.4	Escuela nocturna	Centro de nutrición
<b>AVANZADO</b>									
<b>Airmax?</b>	Si	Si: prio high	Si	Si: prio high	Si: prio high	Si: prio high	NO	NO	NO
<b>No ACK para PtP</b>	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	
<b>Umbral RTS</b>	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
<b>Umbral de fragmentación</b>	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
<b>Distancia</b>	33 Km	33 Km	4 Km	4 Km	4 Km	500 m	500 m	500 m	500 m
<b>ACK Timeout</b>	auto	auto	auto	auto	auto	auto	auto	auto	auto
<b>Aggregation</b>	Enable	Enable	Enable	Enable	Enable	Enable	Enable	Enable	Enable
<b>Multicast Data</b>	Allow All	Allow All	Allow All	Allow All	Allow All	Allow All	Allow All	Allow All	Allow All
<b>Enable DFS</b>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
<b>Enable Autonegotiation</b>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

<b>Punto</b>	<b>Chiriquí Grande</b>	<b>Repetidor-chi</b>	<b>Repetidor-kan</b>	<b>Colegio Agustiniano 5.8</b>	<b>Casa curial</b>	<b>Centro de salud</b>	<b>Colegio Agustiniano 2.4</b>	<b>Escuela nocturna</b>	<b>Centro de nutrición</b>
<b>Servicios</b>									
<b>NTP?</b>	No	No	No	No	No	No	No	No	No
<b>SSH?</b>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
<b>TELNET?</b>	No	No	No	No	No	No	No	No	No
<b>System log?</b>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No
<b>ping watchdog</b>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No
<b>SNMP</b>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Es recomendable iniciar las pruebas de configuración con el lazo de red troncal que comunicará Chiriquí grande con la estación repetidora y luego Kankintú, utilizando los equipos en la banda de WiFi en 5.8GHz, probando en cada salto la conectividad a internet.

**OJO:** Las frecuencias de operación utilizadas en los enlaces troncales deben ser verificadas, utilizando la herramienta AIRMAX en los equipos ubiquiti M.

Una vez se tenga asegurada la conectividad entre los equipos Chiriquí y Kankintú (colegio, casa curial y centro de salud), en el laboratorio se debe configurar el ubiquiti bullet M2 y sus respectivos clientes las picostations M2.

Teniendo conectividad entre los equipos picostations y la ubiquiti bullet M2, se deberá realizar pruebas de conectividad interna dentro de la red y externa produciendo tráfico de internet, utilizando un ordenador conectado a cada una de las picostations.

### **Asterisk & Zabbix**

Con la red funcional y conectividad en todos los puntos con internet y su puerta de enlace en Chiriquí grande, procedemos con la configuración de los servidores de telefonía IP y monitorización remota en el mini ordenador cubox.

El servidor asterisk, debe ser instalado sobre el miniordenador cubox y configurado de manera que su salida a la red publica se pueda hacer a través del ATA que se conectará directamente a la red telefónica con el conector RJ-12 y al cubox por Ethernet con cable RJ-45. En el servidor asterisk se configurarán 4 extensiones una para el colegio agustiniano, el centro de salud, la casa curial y la de Chiriquí grande.

Se recomienda que la configuración de las extensiones sea como se muestra a continuación:

Localidad	Extensión	IP ATA
<b>Chiriquí grande</b>	1201	192.168.1.101/24
<b>Casa Curial</b>	1202	192.168.1.132/24
<b>Centro de salud</b>	1203	192.168.1.142/24
<b>Colegio/Universidad</b>	1204	192.168.1.122/24

**Tabla 11: Configuraciones de IP ATA**

Cada una de las extensiones se configurará con un ATA conectado a un teléfono convencional. En el ATA se configurara su dirección IP anteriormente mencionada, y la ip de su servidor asterisk como puerta de acceso, en este caso el cubox.

## Instalación del programa de monitorización Zabbix

Los equipos ubiquiti permiten su monitorización a través de un agente de gestión basado en el protocolo SNMP, (Ver 8). En la red podremos encontrar un sinnúmero de programas gratuitos gestores de información por snmp tales como nagios, zabbix, entre otros. En nuestro caso instalaríamos el gestor Zabbix (como se indica en 9), en el mismo servidor donde tendríamos funcionando asterisk; esto es posible debido a que el numero de equipos a ser gestionados no es muy grande y la carga al servidor no sería de gran importancia.

Con este software será posible tener una visión de la red y podrán ser informados los responsables de darle seguimiento y resolver cualquier incidencia. También es muy útil al momento de hacer revisiones preventivas ya que permitirá la visualización en tiempo real de disponibilidad, ancho de banda utilizado, potencia de recepción, entre otros valores de importancia.

**OJO:** Debe ser configurado que el espacio que ocupen los logs que genere la monitorización de la red no sobrepase un 10% del almacenamiento total del espacio disponible en el mini ordenador CUBOX.

## Pruebas de equipos fotovoltaicos

Los equipos fotovoltaicos que serán adquiridos en Panamá, especialmente los paneles solares, difícilmente tendrán un certificado que avale la curva IV que promete dicho equipo. Por esto es necesaria la caracterización de los paneles, en concreto la comprobación de la curva I-V de este; para así conocer su desempeño real.

Por otro lado se debe verificar el comportamiento de los reguladores e interruptores de seguridad, voltaje de corte por descarga, voltaje de reconexión por carga y voltaje de desconexión sobre carga, esto nos ayudara a confirmar que los reguladores de voltaje realizaran de manera adecuada su función de protección de baterías.



## Torres, protección eléctrica y puesta a tierra de equipos

Paralelamente a la configuración de los equipos en el laboratorio, se debe velar por la correcta instalación de las torres que se han adquirido y su respectiva toma a tierra para protección ante descargas, con punta de franklin y pozo PAT horizontal (ya que es más fácil de mantener con agua de sal y bentonita).

Se debe cuidar que en cada uno de los emplazamientos se haya habilitado la toma a tierra para la conexión del sistema fotovoltaico, incluyendo la instalación del sistema de protección eléctrico con para rayos en el colegio agustiniano en Kankintú.

## Distribución de direcciones IP's

Localidad	Equipo	Dirección IP	¿Servidor DHCP?	Rango
Chiriquí Grande	Router ADSL	192.168.1.1	Si	192.168.1.200-255
Chiriquí Grande	Cubox	192.168.1.102	No	-
Chiriquí Grande	ATA	192.168.1.101	No	-
Chiriquí Grande	Rocket	192.168.1.100	No	-
Chiriquí Grande	PC	102.168.1.105	No	-
Repetidor	Rocket-chi	192.168.1.110	No	-
Repetidor	Rocket-kan	192.168.1.111	No	-
<b>Kankintú</b>				
Colegio/Universidad	Router Rocket	192.168.1.120	No	-
Colegio/Universidad	Router bullet	192.168.1.122	Si	192.168.1.159-170
Colegio/Universidad	ATA	192.168.1.121	No	-
Colegio/Universidad	Router laboratorio	192.168.1.123	Si	192.168.1.171-199
Centro de salud	Router airgrid	192.168.1.140	No	-
Centro de salud	ATA	192.168.1.141	No	-
Centro de salud	Ordenador	192.168.1.142	No	-
Casa curial	Router airgrid	192.168.1.130	No	-
Casa curial	ATA	192.168.1.131	No	-
Casa curial	Ordenador	192.168.1.132	No	-
Centro de nutrición	Router Pico STA	192.168.1.150	No	-
Centro de nutrición	Ordenador	192.168.1.152	No	-
Escuela nocturna	Router Pico STA	192.168.1.160	No	-
Escuela nocturna	Ordenador	192.168.1.162	No	-

Tabla 12: Configuraciones de direcciones IP's de equipos

## Instalación de equipos

**NOTA:** La instalación de los equipos, se realizará tras la previa configuración y prueba en laboratorio de la completa red funcional.

**NOTA:** Antes de salir del centro de pruebas a proceder con la instalación de los equipos y previa puesta en funcionamiento de la red, se debe verificar que se tengan los equipos necesarios.

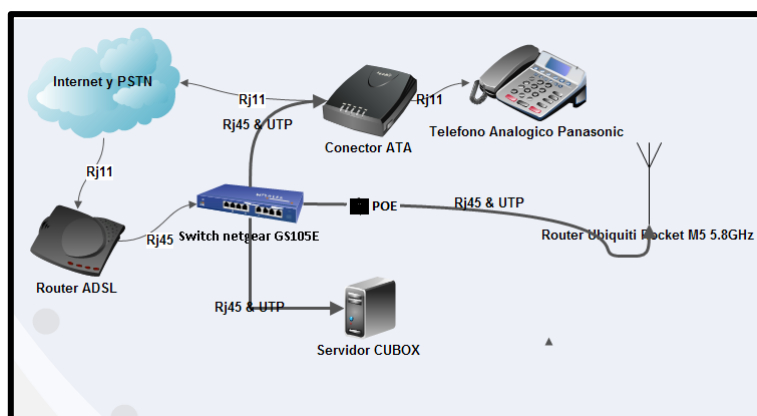
**NOTA:** Para iniciar la configuración en Chiriquí grande y en la estación repetidora, es necesario que las torres estén instaladas, inspeccionadas y con sus respectivas puestas a tierra, tanto para protección ante descargas atmosféricas (con para rayos), como para los quipos.

**NOTA:** Las localidades con pararrayos instaladas serán: Chiriquí Grande, Repetidor y colegio agustiniano. A parte todas llevan sistema de protección eléctrica con puesta a tierra de los equipos, para protegerlos.

**NOTA:** La instalación de los, se realizarán en las posiciones inicialmente estudiadas.

### Chiriquí Grande

Lo primero que debe estar instalado y funcional en Chiriquí grande es la conexión ADSL con la cual tendremos conectividad a internet, esté o no funcional la conexión de internet, se debe habilitar el sistema de alimentación fotovoltaico con el cual se alimentaran los equipos



de WiFi, el router ADSL, ordenador CUBOX, el ATA y el switch que servirá de puerta de enlace con la red publica telefónica. Una vez el sistema fotovoltaico y la caja de intemperie estén listos en la torre, se deben instalar los equipos: ubiquiti rocket y antena con los accesorios de sujeción necesarios a una altura mínima de 20 metros; para asegurar unos 20db de margen sobre los requerimientos, la antena deberá ser apuntada a un azimuth magnético de 111.40° (en dirección a la estación repetidora) y un ángulo de elevación de 0.5°.

El tiempo promedio para la instalación, configuración de los equipos y apuntamiento de la antena es de 1 día y medio, contando la coordinación de apuntamiento en conjunto con el equipo que trabajara en la instalación en la estación repetidora.

## Repetidor

Idealmente, la configuración en este punto debería hacerse simultáneamente con Chiriquí grande, debido a la dificultad de apuntamiento de las antenas por la distancia que hay entre los puntos; este consistirá en el enlace más grande de todos y se haría más fácil realizar el enlace con éxito habiendo un equipo en cada extremo (Repetidora-Chiriquí Grande).

Se debe colocar la caja de intemperie e instalar el sistema fotovoltaico a una altura intermedia entre los equipos que miraran hacia Chiriquí Grande y Kankintú. A una altura de unos 20 metros deberá ser instalado el Ubiquiti Rocket 5M con su respectiva antena con polarización dual mirando hacia Chiriquí grande, orientada a unos  $291.6^\circ$  magnéticos y con una inclinación de  $-0.3^\circ$  (hacia abajo).

En este procedimiento se deberá verificar que el enlace se esté realizando con éxito, verificando las luces que tiene en la carcasa el equipo Ubiquiti Rocket que muestran cuando se ha realizado una conexión. De igual forma en Chiriquí grande.

En el caso de no establecerse la conexión entre los puntos, se deberán verificar la conexión eléctrica, la integridad de las conexiones de las antenas, la configuración de los equipos (nombre del SSID, que este habilitado el WiFi, que no se ha bloqueado por mac address, entre otras posibles causas).

Una vez completada la instalación y fijación de los equipos en la torre y comprobado que el enlace esté activo, se debe realizar una verificación de conectividad a internet desde un equipo conectado en la estación repetidora.

Luego de comprobada la conexión entre Chiriquí y la estación repetidora, se procede a interconectar el equipo Rocket que mira hacia Chiriquí con el que mira hacia Kankintú con un cable Ethernet cruzado; “la antena que mira” a Kankintú, deberá estar orientada hacia las instalaciones del colegio/universidad a unos  $107.3^\circ$  magnéticos y a unos  $-1.2^\circ$  respecto a la horizontal.

A esta última antena, serán conectadas tres localidades principales de la comunidad: el colegio agustiniano, la casa curial de los padres agustinos y el centro de salud. Esto será posible debido a que la apertura de la antena en la estación repetidora y la cercanía entre los puntos permitirá brindar cobertura en Kankintú en la frecuencia de 5.8Ghz.

## Colegio Agustiniano

En el colegio agustiniano, es donde se conectarán la mayor cantidad de usuarios en toda la red, ya que habrá momentos donde al menos 10 ordenadores simultáneos estarán requiriendo información de internet.

En este punto será necesaria también la instalación del sistema fotovoltaico para el funcionamiento constante de los equipos WiFi que compondrán los enlaces, debido a que aquí no se utilizará estructura de soporte externa a la edificación. El modulo fotovoltaico que se utilizara para alimentar el sistema aquí podrá ser fácilmente instalado en el techo del edificio.

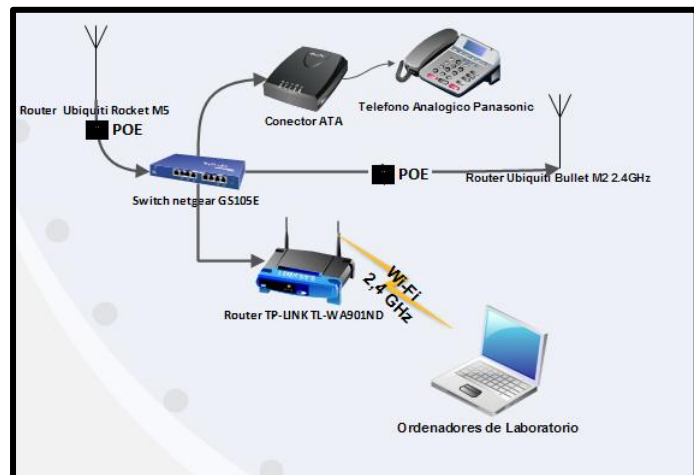


Ilustración 28: Esquema de red Colegio agustiniano

La instalación fotovoltaica debe estar lista al momento para hacer la instalación de los equipos ubiquiti rocket y bullet que irán instalados en la edificación del colegio agustiniano. La antena de la ubiquiti rocket deberá estar fijada mirando hacia la estación repetidora a unos  $287.3^\circ$  de azimuth y con  $1.16^\circ$  hacia arriba.

Como prueba final de conectividad en el lazo de 5.8GHZ, se debe realizar una prueba de conectividad entre el nodo intermedio (repetidor), con Chiriquí grande y hacia internet. Una vez culminada esta fase de pruebas se procede a conectar el distribuidor de conectividad (HUB) de la escuela, con el que se repartirá la conexión entre el laboratorio y el equipo ubiquiti bullet que dará cobertura en la comunidad especialmente para la conexión de el centro de nutrición y la escuela nocturna que se conectarán con los equipos picostations 2M en 2.4Ghz.

Terminada la interconexión entre el equipo ubiquiti bullet M2 y el rocket M5 que da salida hasta el lazo red troncal que sirve de vía a internet, debe hacer posible conectar cualquier ordenador portátil a la red WiFi con SSID: Kankintú, y tener conectividad a internet.



## Instalación en el centro de salud y la Casa curial

La instalación en el centro de salud de Kankintú y la casa curial de los padres agustinos, es posible que se haga simultáneamente con la instalación de los equipos en el colegio agustiniano. En estos es necesario que el sistema fotovoltaico esté listo y funcional al momento de realizar la instalación de las nanoridge M5 que serán instaladas en cada uno de los puntos.

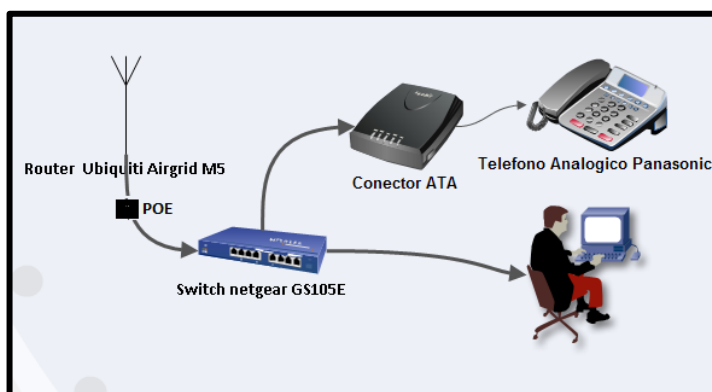


Ilustración 29: Esquema de red Centro de salud y Casa curial

Es decir, lo primero a realizar en estos emplazamientos es la instalación del sistema fotovoltaico en el techo de la localidad, igual que en el colegio. Los equipos Airgrid, por su facilidad de instalación al ser un solo equipo integrado en la misma antena solo hará necesario fijar la antena y direccionarla hacia la estación repetidora.

En el caso de el centro de salud, hay que instalar la Airgrid mirando a 284.5° de azimuth magnético y 1.15° hacia arriba, para la casa curial de los padres agustinos deberá ser fijada mirando a 285° de azimuth magnético y 1.10° hacia arriba; con esto deberíamos tener conectividad entre estos puntos y la estación repetidora; por ende con internet.

## Instalación Centro de nutrición y Escuela nocturna

La instalación en la escuela nocturna y el centro de nutrición al igual que las otras, se debe instalar y poner en funcionamiento el sistema fotovoltaico antes de instalar los equipos ubiquiti picostation que serán instalados en el exterior de las edificaciones.

Una vez instalados los equipos en los puntos seleccionados previamente de cada una de las

edificaciones, se debe verificar la conectividad con la universidad a través del punto de acceso configurado en el colegio/universidad y con internet.

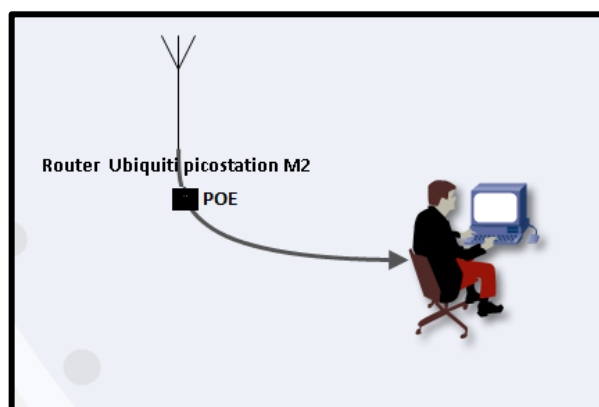


Ilustración 30: Esquema red Centro de nutrición y escuela nocturna

## Pruebas de red

En el momento en que se haya terminado la instalación de todos los equipos en los emplazamientos es recomendable, realizar pruebas de conectividad desde cada uno de los puntos y asegurar que la red se encuentra totalmente funcional en todos los emplazamientos.

Es recomendable una prueba de usuario final, con seguimiento de los especialistas e implementadores de la red; esto consistiría en permitir a los usuarios utilizar la red y obtener su percepción sobre la funcionalidad de lo instalado.

## Entrega de red funcional a padres agustinos y universidad de panamá

Una vez terminada la instalación y puesta en funcionamiento de la red se hace necesario el paso del testigo a los técnicos y/o ingenieros locales que participaron en la implementación. Este personal ha de tener capacidad de resolución de reconocimiento y resolución de problemas que se podrían presentar.

## Mantenimiento periódico preventivo

Lo más importante tras la puesta en funcionamiento de la red de comunicaciones es la parte de operaciones y mantenimiento. Aun y cuando los equipos e instalaciones se intenta que sean lo más autónomos posible y que se tenga la menor interacción con personal humano que se pueda, es necesaria una revisión periódica tanto a nivel de software como de los equipos físicos cada cierto periodo de tiempo.

Por esto es estrictamente necesaria la definición de un calendario de tareas preventivas y de mantenimiento que se deben realizar para asegurar el funcionamiento continuo de la red Kankintú-Chiriquí.

Las siguientes recomendaciones son sacadas del libro Redes inalámbricas para zonas rurales de la universidad politécnica del Perú.

## Mantenimiento preventivo de sistema eléctrico

Es importante también que sean realizadas tareas de verificación periódicas en los emplazamientos donde se debe confirmar el buen funcionamiento de:

- Cableado de equipos: Se debe confirmar que los cables que interconectan las antenas con los routers y los conectores de los cables UTP que conectan los POE y los routers estén en buen estado, es decir, que estén libres de polvo, hongos, moho, humedad, etc.

- Sistema fotovoltaico: el mantenimiento del sistema fotovoltaico, se basa en el cuidado y verificación de sus tres componentes principales: las baterías, el regulador y los paneles solares.
  - Baterías:
    - En nuestra solución estaremos utilizando baterías selladas, por lo cual no será necesario el reabastecimiento periódico de agua para baterías.
    - Por otro lado si es importante la verificación de los conectores y cables, que estén bien apretados y en buen estado; en caso de no estarlo apretarlos bien o sustituirlos.
    - Las baterías también deben ser verificadas de no haberse deformado o rajado, en el caso que haya pasado uno de estos se debe empezar a tramitar su sustitución.
    - El tiempo de vida aproximado de una batería es de 4 a 5 años.
    - **Las tareas de mantenimiento y verificación de las baterías debe realizarse mensualmente en cada una de las localidades.**
  - Paneles solares:
    - Estos elementos no requieren de mantenimiento frecuente, pero sería prudente que al mismo tiempo de revisión de las baterías sea verificada que la superficie del panel este limpia.
    - Que no hayan sombras que obstaculicen la luz solar en el panel en cualquier hora del día.
    - En caso de que la superficie no se encuentre limpia, deberá ser limpiada con agua sin ningún tipo de residuos.
    - De existir alguna fuente de sombras, deberá ser eliminada. Si no es posible se reubicara el panel en una posición donde no hayan sombras.
    - **Los paneles solares deberán ser verificados también junto con las baterías mensualmente.**
  - Regulador:

- Este elemento no requiere de mantenimiento recurrente pero si es prudente la verificación de su estado y los voltajes de salida y sus conectores estén bien asegurados y sin cortocircuito.
- Medición de voltajes del sistema:
  - Es importante en cada revisión sean verificados los voltajes de salida de cada uno de los elementos de producción, protección y almacenamiento eléctrico. Esto ayudará a darnos cuenta si hay algún desperfecto en alguno de los componentes del sistema.
    - Esta revisión se puede realizar en las salidas del regulador, donde se conectan todos los elementos de la red eléctrica y en la salida del inversor de haberlo.
    - Dichos voltajes deberán ser registrados en un documento de seguimiento donde se verifiquen y se compararan en el tiempo.
    - **Esta tarea se debe realizar cada 6 meses.**

### Mantenimiento preventivo de protección eléctrica

El mantenimiento de la protección eléctrica consiste en asegurar una firme conexión de los cables que llegan a la barra máster y humedecer con agua y sal los pozos PAT de los sistemas de para rayos o protección eléctrica de los equipos.

- Esta revisión se debe realizar cada mes, los pozos de protección eléctrica no deben tener más de  $15\Omega$ .

### Mantenimiento preventivo de infraestructura metálica

Se debe realizar una revisión preventiva en las infraestructuras metálicas de la red, especialmente en las torres de Chiriquí grande y la estación repetidora; estas tareas consistirían en la verificación del estado de los vientos y los elementos de sujeción de la torre, buscando posibles deterioros o daños causados por antigüedad o de forma accidental.

Durante estas inspecciones es necesario untar con grasa automotriz los tornillos y agarres de los vientos, para retardar la corrosión en ellos. Será necesario también la verificación del estado de los cables de los para rayos y el adecuado templado de los cables de acero que constituyen los vientos de las torres.

En el caso de identificarse alguna deficiencia, se deberá informar inmediatamente a los responsables en la resolución de lo que suceda.

Esta tarea de revisión de infraestructura deberá ser realizada cada mes por un personal entrenado y con conocimientos de este tipo de estructuras.

## Justificación de Viabilidad

### Políticas de apoyo

La misión de los padres agustinos en conjunto con las autoridades de la universidad de Panamá y las autoridades regionales de salud de la zona Ngöbe bugle, tienen especial interés en la realización de este proyecto por lo que están de acuerdo en la firma de un convenio de cooperación entre ellos, en el que se comprometerán para cumplir con las actividades de mantenimiento de la red.

El especialista en redes WiFi de largas distancias Ermanno Pietro Semoli, estará impartiendo un curso sobre implementación y mantenimiento de redes WiFi de largas distancias en la ciudad de Panamá en Panamá. A dicho curso estarán asistiendo 2 empleados de la universidad con conocimientos técnicos, estos mismos serán participantes en la implementación de la red.

### Tecnología adecuada

Siendo WiFi, una tecnología tan común a nivel mundial y habiendo una gran facilidad en la adquisición de equipos WiFi adaptados para largas distancias. En toda América latina, Especialmente en Panamá, es posible adquirir los equipos WiFi necesarios para poner en funcionamiento nuestra red. Estos equipos a precios muy bajos y con costo de mantenimiento prácticamente nulo.

Tenemos también que los equipos fotovoltaicos a utilizar, son también fáciles de adquirir en el mercado local panameño y los precios aunque podrían variar entre proveedores, su adquisición inicial no debería ser traumática.

Dentro de la lista de equipos necesarios para la puesta en funcionamiento de la red anteriormente descrita, lo único que debería ser adquirido en el mercado exterior de Panamá, es el mini ordenador CUBOX, que es posible adquirirlo en los Estados Unidos por internet con envío directo a Panamá por una cantidad de dinero extra al precio original. (Ver 19)

Por los factores anteriormente señalados, las prestaciones que ofrecen los equipos escogidos que nos permiten cumplir nuestras necesidades de conectividad y las facilidades de garantías que ofrecen los proveedores locales en los equipos, consideramos la tecnología y los equipos ser los más adecuados para la necesidad.

### Protección del medio ambiente

La implementación de nuestra solución viene a disminuir la utilización del generador eléctrico diesel en el colegio agustiniano y la universidad con su laboratorio de ordenadores. Con la implementación del sistema fotovoltaico que iría instalado en el colegio/universidad, estaríamos reduciendo emisiones de CO2 producidas por la utilización de combustibles fósiles en el generador diesel.

En cada nodo de la red estaríamos utilizando solo energía solar fotovoltaica (energía limpia) y no dependeríamos de ninguna alimentación eléctrica externa producida con combustibles fósiles.

### Capacidad institucional de gestión, factores económicos y financieros

Los costos de gestión y mantenimiento de esta red, estarán cubiertos por parte de la universidad de Panamá y la misión de los padres agustinos en Kankintú.

# Conclusiones

---

- Hemos identificado las necesidades del colegio agustiniano, la extensión de la Universidad de Panamá y el centro de salud en Kankintú, donde es necesaria la implementación de un sistema de comunicaciones efectivo; que mejore las condiciones de trabajo de técnicos de salud, profesores, estudiantes y pacientes que acudan al centro de salud con algún padecimiento.
- Se han identificado y escogido las diferentes alternativas de solución posibles en la zona de Kankintú. Ha resultado ser la tecnología WiFi la más prudente, por su versatilidad, robustez y bajos costos asociados frente a otras tecnologías del mismo tipo.
- Se ha realizado un estudio de factibilidad de la red con simulaciones basadas en datos de terreno y modelos de propagación longley rice, en el que se ha determinado que la solución es totalmente viable, con la utilización de un punto de repetición intermedio, entre Kankintú y Chiriquí grande.
- Hemos estudiado la radiación solar de Panamá con especial atención en la zona de implementación, para así llegar a la conclusión de que la utilización de energía fotovoltaica es viable en el proyecto.
- Se ha propuesto una red totalmente auto sostenible energéticamente hablando, ya que se han dimensionado con paneles fotovoltaicos, baterías y reguladores cada una de las localidades en base a lo necesario para cubrir los requerimientos energéticos del nodo.
- Hemos diseñado una red con la cual se tendrá la posibilidad adentrar en el mundo de la tecnología de la información a los estudiantes del colegio agustiniano y la Universidad de Panamá.
- Será posible una coordinación efectiva entre el centro de salud en Kankintú y el Ministerio de Salud de Panamá, por la disponibilidad de comunicación en tiempo real, tras la implementación de la red.
- Hemos diseñado una red WiFi, que permite tener cobertura de conexión a internet en toda la comarca de Kankintú.

# Próximas líneas de trabajo

---

- Próximos trabajos podrían trabajar en la expansión del servidor VoIP implementado, con el cual se podría dar servicios telefónicos a más lugares dentro de Kankintú.
- Se podría también estudiar la situación de corregimientos cercanos y la posibilidad de agregarlos a la red, brindándoles servicios de VoIP y la capacidad de conectarse a internet.
- Tras la implementación, sería factible investigar en Kankintú el impacto de la misma en el área de la salud y la educación.



## Referencias

1. PNUD. Informe nacional de desarrollo humano, Panamá 2011.
2. PNUD. Informe nacional de desarrollo humano, Panamá 2007-2008.
3. <http://es.wikipedia.org/wiki/Kankint%C3%BA>
4. Rob Flickenger, Steve Okay, Ermanno Pietrosemoli, Marco Zennaro and Carlo Fonda; Very Long Distance Wi-Fi Networks, 2008
5. S. M. Mishra, J. Hwang, D. Filippini, T. Du, R. Moazzami, and L. Subramanian. Economic Analysis of Networking Technologies for Rural Developing Regions. Workshop on Internet and Network Economics, 2005.
6. Oficina nacional de estadística, Panamá. Tomo 2, cuadro 3-12 Comarca Ngobe Bugle Censo nacional 2010
7. F. J. Simo, P. Osuna, J. Seoane, A. Martinez. Wireless solar-powered router for health isolated rural environments, 2009.
8. Network working group, RFC 3413, Simple network management protocol
9. Grupo de Telecomunicaciones Rurales Pontificia Universidad Católica del Perú, Redes inalámbricas para zonas rurales (págs. 158-172)
10. Grupo de Telecomunicaciones Rurales Pontificia Universidad Católica del Perú, Redes inalámbricas para zonas rurales.
11. Burton, Michael, Channel Overlap calculations for 802.11b networks white paper, 2002.
12. Berkeley news about telemedicine in India, [http://berkeley.edu/news/media/releases/2006/06/06\\_telemedicine.shtml](http://berkeley.edu/news/media/releases/2006/06/06_telemedicine.shtml).
13. Bhaskaran Raman, Indian institute of technology, Kanpur; Experiences in using WiFi for rural internet in India 2004
14. Proyecto Nepal, [http://www.nepalwireless.net/index.php?option=com\\_](http://www.nepalwireless.net/index.php?option=com_)
15. Proyecto Daabad, <http://www.inveneo.org/newsfeed/dadaabnet>
16. Proyecto Haití, <http://www.inveneo.org/haiti-wifi-network>
17. Proyecto Tanzania, <http://www.inveneo.org/newsfeed/tz21-pilot-schools>
18. Patrones de radiación Ubiquiti, <http://www.ubnt.com/support/patterndata>
19. Proveedores de ordenador Cubox; <http://www.solid-run.com/products/cubox/>
20. Ubiquiti Rocket datasheet
21. Ubiquiti Rocket Dish datasheet
22. Ubiquiti Airgrid datasheet.
23. Ubiquiti Bullet datasheet.
24. Ubiquiti picostation datasheet
25. Cubox mini ordenador datasheet.
26. L. Lakshminarayan, A. Sheth, S. Surana; Rethinking wireless in the Developing world, 2006.

# ANEXOS

---

## Lista Equipos por ubicación

Listado de equipos por ubicación:

### Chiriquí Grande

Cantidad	Equipo
x1	Router ADSL
x1	Router Ubiquiti Rocket M5
x5	Cables UTP longitud variable
x1	sujeción antena
x1	POE Pasivo Alfa networks
x1	ATA Gateway Grandstream HT503
x1	Teléfono analógico
x1	Caja de intemperie
x1	Torre 21 metros
x3	Panel fotovoltaico 140 WP 24V
x1	Regulador 24V, 15A
x2	Baterías 12V 210AH
x1	Inversor 500 W
x1	Punta de franklin
x2	barra de tierra
x2	cable de tierra

### Colegio Agustiniiano/Kankintú

Cantidad	Equipo
x1	Router Rocket
x1	Router Bullet
x1	Router Tplink WR-1043ND
x3	Panel fotovoltaico 140 WP
x1	Regulador 24V, 15A
x2	Baterías 12V y 210AH
x1	sujeción antena
x1	Punta de franklin
x2	barra de tierra
x2	cable de tierra
x1	POE Pasivo Alfa networks
x1	HUB
x1	ATA extensión Grandstream HT286
x1	Inversor 500 W
x1	Teléfono analógico
x1	Switch netgear GS105E
x6	Cables UTP longitud variable
x1	Caja de equipos

### Estación Repetidora

Cantidad	Equipo
x2	Router Ubiquiti Rocket M5
x1	sujeción antena
x1	POE Pasivo Alfa networks
x3	Cables UTP longitud variable
x1	Caja de intemperie
x1	Torre 30m
x2	Panel fotovoltaico 140 WP 24V
x1	Regulador 24V, 15A
x2	Baterías 12V 140Ah
x1	Punta de franklin
x2	barra de tierra
x2	cable de tierra

### Centro de salud

Cantidad	Equipo
x1	Router airgrid
x1	ATA extensión Grandstream HT286
x1	POE Pasivo Alfa networks
x1	Switch netgear GS105E
x1	Sujeción
x1	Cable a tierra
x1	barra de tierra
x1	Inversor 500 W
x1	Panel fotovoltaico 140 WP 24V
x2	Baterías 12V y 70AH
x1	Regulador 24V, 15A
x1	Teléfono analógico
x4	Cables UTP longitud variable
x1	Caja de equipos

**Casa curial**

<b>Cantidad</b>	<b>Equipo</b>
x1	Router airgrid
x1	ATA extensión Grandstream HT286
x1	POE Pasivo Alfa networks
x1	Switch netgear GS105E
x1	Sujeción
x1	Cable a tierra
x1	barra de tierra
x1	Inversor 500 W
x1	Panel fotovoltaico 140 WP 24V
x2	Baterías 12V y 70AH
x1	Regulador 24V, 15A
x1	Teléfono analógico
x4	Cables UTP longitud variable
x1	Caja de equipos

**Centro de nutrición y escuela nocturna, cada uno.**

<b>Cantidad</b>	<b>Equipo</b>
x1	Router Pico STA
x1	POE Pasivo Alfa networks
x1	Sujeción
x1	Cable a tierra
x1	barra de tierra
x1	Panel fotovoltaico 140 WP 24V
x2	Batería 12V 70AH
x1	Regulador 24V, 15A
x2	Cables UTP longitud variable
x1	Caja de equipos

# Posibles proveedores en Panamá

---

## Fotovoltaico

- Panasolar
  - <http://www.panasolar.net>
- Sunelec
  - <http://www.sunelec.com/>
- Suelo solar Panamá
  - <http://www.suelosolar.es/internacional/index.asp?idioma=es&pais=14&idp=14>
- Tecnosol
  - <http://www.tecnosolsa.com.ni/>
- PASS S,A
  - <http://www.passa.com/>

## Telecomunicaciones

- Ubiquiti Latinoamérica
  - [www.ubnt.com/purchase/latinamerica](http://www.ubnt.com/purchase/latinamerica)
- Avantitek
  - <http://avantitek.com>
- Ecomsa
  - <http://www.ecomsa.com.pa>
- Desca
  - <http://www.desca.com>
- VDCECORP
  - <http://www.vdcecorp.com/>

## Torres

- Mer group Panamá
  - <http://www.mer-group.com/spanish>
- Imfica
  - <http://www.imfica.com/nuevo/>
- AJ Ingenieros
  - <http://www.aj.cl/>
- Grupo Milpas Altas Panamá
  - <http://www.grupoma.com.gt/>
- Ademes Panamá
  - <http://www.idemec.com.co/>





# Radiación Solar Panamá

---

Se han realizado mapas de radiación solar para Panamá, con datos proporcionados por la pagina web <http://www.gaisma.com>, que recoge datos de la Nasa y realiza cálculos basados en los algoritmos utilizados por la [National Oceanic and Atmospheric Administration](#) (NOAA) por sus siglas en ingles, para calcular la radiación solar.

La precisión geográfica es de aproximadamente un minuto para latitudes mayores a los 72° norte y para latitudes menores a 72° sur son de aproximadamente 10 minutos.

Los mapas fueron generados utilizando la data proporcionada por esta pagina, ordenada por provincia con sus respectivas coordenadas y datos de radiación solar a 0°, el programa matlab con un pequeño programa que permite geo localizar la data en un mapa.

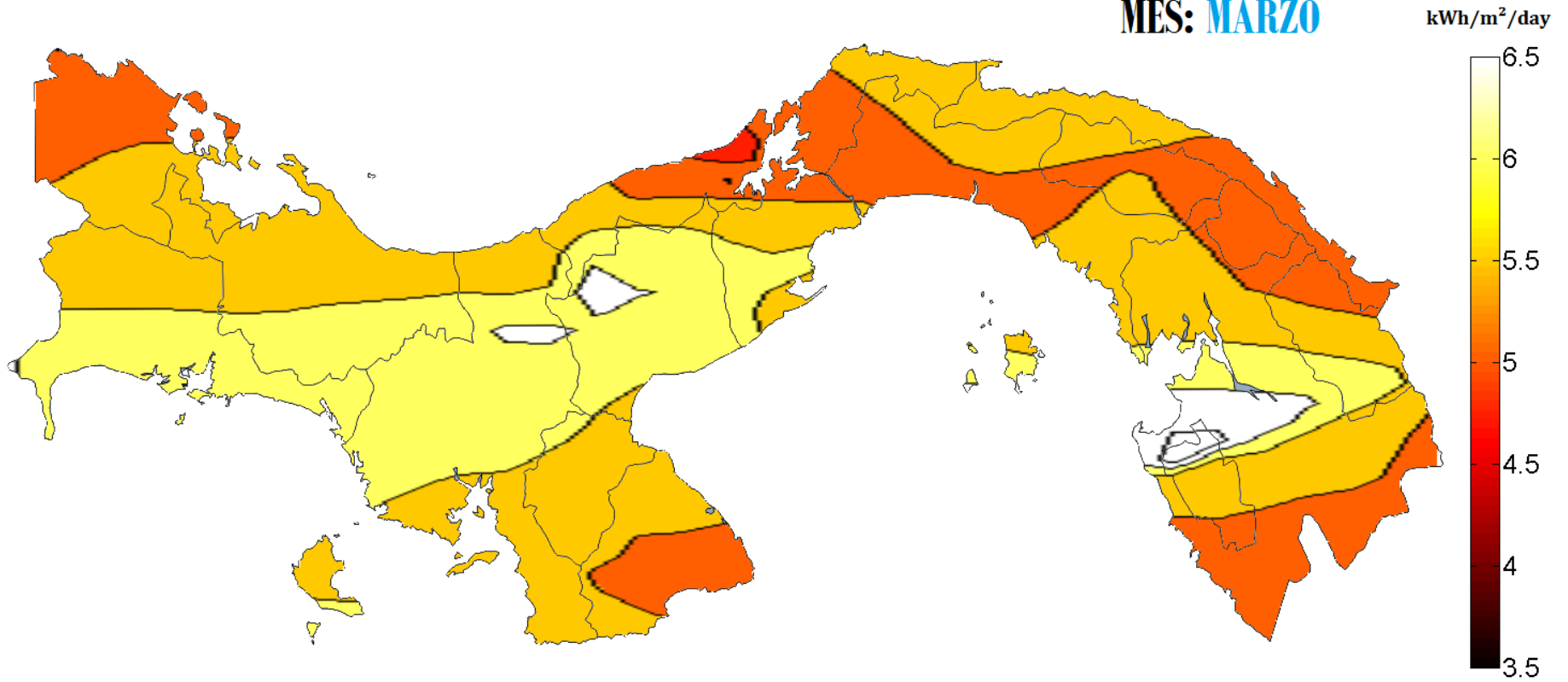
Los cálculos arrojaron que el peor mes de radiación solar global en Panamá es el mes de noviembre con unos 3.6 kWh/m<sup>2</sup>/day en la zona de Kankintú y Chiriquí grande, y el máximo en para estas zonas es el mes de marzo con 5.65 kWh/m<sup>2</sup>/day.

A continuación se muestran los mapas:



# MAPA DE RADIACIÓN SOLAR PICO PANAMA

MES: **MARZO**



# MAPA DE RADIACIÓN SOLAR PICO PANAMA

MES: **NOVIEMBRE**

kWh/m<sup>2</sup>/day

