



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

ENLACE INALÁMBRICO CHETUMAL E XCALAK

MEMORIA DE EXPERIENCIA PROFESIONAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

INGENIERO EN REDES

PRESENTA

VALENTIN TERRAZAS VELUETA

SUPERVISORES

MSI. LAURA YÉSICA DÁVALOS CASTILLA

MSI. MELISSA BLANQUETO ESTRADA

DR. JAVIER VÁZQUEZ CASTILLO





UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISION DE CIENCIAS E INGENIERIA

MEMORIA DE EXPERIENCIA PROFESIONAL
BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DEL
PROGRAMA DE LICENCIATURA Y APROBADA
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO EN REDES

COMITÉ DE TRABAJO MONOGRÁFICO

SUPERVISORA: MSI. LAURA YÉSSICA DAVALOS CASTILLA.

SUPERVISORA: MTI. MELISSA BLANQUETO ESTRADA

SUPERVISOR: DR. JAVIER VÁZQUEZ CASTILLO.

SUPLENTE: M.S.I. RUBÉN E. GONZÁLEZ ELIXAVIDE.

SUPLENTE: DR. JAIME S. ORTEGÓN AGUILAR.

Luis
Melissa
Javier
Ruben
UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISION DE CIENCIAS E INGENIERIA



Resumen

La presente memoria de experiencia profesional tiene como fin describir el desarrollo de un proyecto tecnológico en el cual fungí como líder durante mi labor como Coordinador de Tecnologías de la Información y Comunicaciones del Municipio de Othón P. Blanco, puesto que desempeñé durante el período de 2016 a 2018 en el cual la gestión presidencial corría a cargo del Ing. Luis Alfonso Torres Llanes.

El proyecto se denominó “ENLACE INALAMBRICO CHETUMAL E XCALAK” y formó parte del “PROGRAMA DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA” publicado en el Plan de Desarrollo Municipal 2016-2018.

Este proyecto tuvo como objetivo enlazar dos puntos por medio de ondas de radio o tecnología inalámbrica a más de 55 km de distancia. Lo cual representó un enorme reto, ya que las ondas tenían que viajar en un espacio que comprendía zonas de agua, específicamente debía atravesar la bahía de Chetumal.

Los recursos de este proyecto fueron sustentados por el Fondo para la Infraestructura Social Municipal.

La administración de este proyecto fue realizada siguiendo la metodología del *Project Managament Institute* (PMI).

Agradecimientos

En agradecimiento al Municipio de Othón P. Blanco por las facilidades otorgadas para consultar en su acervo la documentación necesaria para realizar esta monografía.

A mis padres que me han dado la confianza y que siempre esperaron lo mejor de mí.

A mi esposa Karina por el apoyo incondicional que tuvo durante estos 3 años para la conclusión de mi carrera como Ingeniero en Redes.

A mis hijos Patricio, Valentina, Iker, Iván e Isaac por llenarme de energía para seguir superándome día con día.

Al Ing. Luis Alfonso Torres Llanes por depositar la confianza en mi persona para realizar las encomiendas en materia de las TIC'S en el municipio de Othón P. Blanco.

A mis maestros, quienes siempre estuvieron siempre apoyándome en mi etapa como estudiante; Mtra. Laura Dávalos, Mtra. Melissa Blanqueto, Dr. Javier Vázquez, Dr. Jaime Ortegón, Mtro. Vladimir Cabañas, Dr. Victor Sánchez, Mtro. Walter Magaña. Dr. Homero Toral, Mtro Rubén González. A cada de unos de ustedes, ¡Muchas, pero muchas Gracias!

Y a todas aquellas personas que estuvieron involucradas en este proyecto directa o indirectamente.

Gracias.

Dedicatoria

Con dedicatoria a mi Esposa, Hijos, Padres y Hermanos.

Contenido

Agradecimientos	v
Dedicatoria	vii
Introducción.....	4
Justificación.....	6
Objetivo.....	7
Alcances y restricciones.....	7
Marco contextual.....	9
Descripción del alcance del proyecto.....	10
Desarrollo del proyecto	11
Inicio	11
Solicitud de los habitantes.....	11
Gestiones y trámites.....	11
Planeación.....	12
Ordenamiento y clasificación del lugar.....	12
Distancia entre punto y punto.....	15
Tipo de torre.....	18
Red voz y datos.....	20
Ejecución y control del proyecto.....	22
Liberación del fondo y proceso de asignación.....	22
Ejecución del proyecto por parte de la empresa TELEYUCSA.....	24
Cierre del proyecto.....	36
Resultados del proyecto.....	37
Conclusiones.....	40
Referencias	42

Índice de Tablas y Figuras

Tabla 1 - Diagrama de trámites	12
Tabla 2 - Diagrama de liberación del fondo	23
Tabla 3 - Diagrama del proceso de asignación	24
Ilustración 1 - Diagrama de conexión	10
Ilustración 2 - Instalaciones de la biblioteca comunitaria	12
Ilustración 3 - Instalaciones de la biblioteca comunitaria	13
Ilustración 4 - Vista aérea de Xcalak	14
Ilustración 5 - Foto del recuerdo	14
Ilustración 6 - Firma de convenio	14
Ilustración 7 - Distancia en línea recta	15
Ilustración 8 - Zona de fresnel bloqueada	16
Ilustración 9 - Zona de fresnel libre	16
Ilustración 10 - Herramienta airLink	17
Ilustración 11 - Antena AirFiber Modelo AF-5	18
Ilustración 12 - Tramo de torre At-45	19
Ilustración 13 - Antena omni direccional	21
Ilustración 14 - Teléfono para voz sobre IP	21
Ilustración 15 - Plano superior de la torre	26
Ilustración 16 - Cimentación de la base	26
Ilustración 17 - Cimentación del ancla	27
Ilustración 18 - Base de concreto armado	27
Ilustración 19 - Instalación de la torre	28
Ilustración 20 - Tramos de la torre	28
Ilustración 21 - Pintura de los tramos	29
Ilustración 22 - Placa de cobre	29
Ilustración 23 - Cable de cobre	29
Ilustración 24 - Tierra física	29
Ilustración 25 - Torre SQSC Chetumal	30
Ilustración 26 - Torre Xcalak	30
Ilustración 27 - Imagen de Google Earth	31
Ilustración 28 - Esquema de transmisión de las antenas	31
Ilustración 29 - Tapa de la antena	32
Ilustración 30 - Puerto de datos de la antena	32
Ilustración 31 - Conexión de corriente POE	33
Ilustración 32 - Puerto de configuración	33
Ilustración 33 - Configuración MASTER	34
Ilustración 34 - Asignación de dirección IP	35

Ilustración 35 - Diagrama Full Duplex	35
Ilustración 36 - Pruebas de enlace	36
Ilustración 37 - Acto inaugural 2	38
Ilustración 38 - Acto inaugural 1	38
Ilustración 39 - Uso de los servicios de Internet	38
Ilustración 40 - Equipo de cómputo donado a la biblioteca comunitaria	39
Ilustración 41 - Instalación de la antena en la torre Xcalak	41

Introducción

Las comunidades más pobres son las que reciben el mayor impacto referente a la falta de infraestructura tecnológica. Los precios elevados en los equipos de conexión para brindar los servicios de Internet, hace que, en su mayoría, estos lugares lejanos no tengan el acceso a la gran autopista digital.

El avance que se ha mostrado en los servicios de Internet no se ve reflejado en las comunidades marginadas, es decir, ellos no pueden estar a la vanguardia tecnológica que día con día va generando nuevos cambios. Todavía la brecha digital en estos tipos de lugares se encuentra aún muy distante de acortar el camino hacia el desarrollo. Sin embargo, las comunicaciones vía Internet ya son algo esencial en nuestras vidas pues se constituyen como una herramienta indispensable para todo tipo de actividades.

La tecnología inalámbrica no es más que la capacidad de conectar 2 puntos distantes mediante ondas electromagnéticas o de radio que viajan a través del aire, logrando así, establecer comunicación entre origen y destino.

Hay muchas formas de hacer las conexiones inalámbricas: están las conexiones Bluetooth, las conexiones ZigBee, las conexiones móviles o radio móviles (muy utilizadas en telefonía celular) conexiones WIFI, etc.

El H. Ayuntamiento de Othón P. Blanco publicó en su Plan Municipal de Desarrollo 2016-2018 5 ejes fundamentales con sus directrices, los cuales dieron a conocer las actividades planificadas para resolver las carencias y la falta de atención en algunas áreas para el desarrollo social.

Uno de los ejes se llamó *“Desarrollo Humano y Calidad de Vida”* el cual abarco el tema de *“Educación”*. Entre sus líneas de acción se precisa la siguiente: *“1.1.3. La gestión de manera coordinada de la planeación y programación de los proyectos, acciones y proyectos tecnológicos con las dependencias federales y estatales lo que permitirá optimizar los recursos asignados al municipio.”*

El Fondo de Aportaciones para la Infraestructura Social (FAIS) es un fondo del ramo 33 el cual tiene el Fondo para la Infraestructura Social Municipal (FISM) que consiste en una aportación para el fortalecimiento de los municipios y es ejercido directamente por él mismo. Este financiamiento está destinado a obras, acciones sociales básicas e inversiones que beneficien a la población que se encuentra en condiciones de pobreza extrema y rezago social en varios rubros, por ejemplo: La infraestructura básica educativa.

El financiamiento del proyecto que se llevó a cabo fue a través del FISM.

El proyecto que se desarrolló benefició a la comunidad de Xcalak al utilizar tecnología inalámbrica para brindar acceso a Internet mediante antenas colocadas en una torre de telecomunicaciones instalada en la superficie alta de la biblioteca municipal proporcionando el servicio gratuito a dicha biblioteca, logrando así promover la modernización tecnológica en materia de educación para esta población distante.

En el documento también se describen de forma general los procesos realizados para la liberación del fondo donde actúan diferentes direcciones del ayuntamiento de Othón P. Blanco.

La parte del contrato de asignación del proyecto fue hacia la empresa Telecomunicaciones de Yucatán, TELEYUCSA, empresa con mucha experiencia en el ramo de las telecomunicaciones.

Justificación

Actualmente la comunidad de Xcalak es una de las muchas comunidades del municipio de Othón P. Blanco que carecen de comunicación a Internet vía inalámbrica. Las pocas iniciativas para conectarlos han sido de carácter privado, elevando por mucho el precio de conexión a sus redes. El servicio que otorgan ronda entre 600 pesos el mega y fichas de conexión a través de un portal cautivo que valen entre 20 y 40 pesos la hora. Al ser una comunidad de escasos recursos muchos comunitarios optan por abstenerse, a menos que una situación de emergencia los obligue a adquirir el servicio.

Mediante el desarrollo de este proyecto se brindará un punto de acceso inalámbrico que permitirá a la comunidad conectarse a Internet de forma gratuita con fines educativos.

Este proyecto contribuye mediante la estrategia de desarrollo de proyectos tecnológicos a lograr los objetivos del eje de desarrollo y calidad de vida del plan de desarrollo del municipio de Othón P. Blanco.

Dadas las condiciones de infraestructura de comunicaciones y transportes que hay entre la ciudad de Chetumal e Xcalak y la situación geográfica, la forma más factible de lograr proporcionar este servicio es mediante el establecimiento de un enlace inalámbrico.

Objetivo

Mantener a la comunidad de Xcalak ubicada en el Municipio de Othón P. Blanco comunicada mediante enlaces inalámbricos para poder utilizar los servicios de Internet, incluyendo voz y datos en la biblioteca comunitaria.

Alcances y restricciones

Entregables

- Instalación de torre At de 80 metros en la comunidad de Xcalak.
- Instalación de antena en la torre principal de comunicación que se encuentra en el edificio del palacio Municipal.
- Instalación de 2 antenas (receptora y emisora) en la torre principal de comunicación del Sistema Quintanarroense de Comunicación Social SQCS.
- Instalación de antena (receptora) en la torre principal de comunicación e instalación de un Access Point con antena OMNI direccional ambos ubicados en la biblioteca comunitaria de Xcalak.
- Pruebas del servicio de Internet (enlace punto a punto)
- Manual de configuración de las antenas.
- Plan de contingencia en casos de huracanes.
- Instalación de un teléfono VoIP.

Restricciones

- El proyecto deberá realizarse en un plazo no mayor a 1 mes.
- La Biblioteca Comunitaria tendrá que estar operando con el servicio de Internet instalado dentro de la fecha establecida.

- La instalación de los cubos de concreto será de acuerdo con las características del terreno de la comunidad
- La instalación de la torre será de acuerdo con las características del clima de la comunidad.
- El presupuesto disponible fue de 282,000.00 pesos moneda nacional mexicana.
- La biblioteca comunitaria contó con el servicio de Internet al momento de la Inauguración.

Marco contextual

Xcalak es una población de 900 habitantes sobre la costa caribeña de México en el municipio de Othón P. Blanco, estado de Quintana Roo. Se encuentra a 60 kilómetros al Sur de Mahahual, México.

Anteriormente, se comunicaba con la ciudad de Chetumal por medio de un ferry; en la actualidad su comunicación es únicamente por la carretera que la une con Mahahual. En Xcalak se encuentra el canal de Zaragoza, canal que permite la comunicación de la bahía de Chetumal con el mar Caribe sin tener que atravesar aguas territoriales de Belice.

En el plano estatal, Xcalak se encuentra en la costa sur del estado de Quintana Roo. Según los historiadores se fundó el 19 de mayo 1900 como un pequeño astillero en el caribe mexicano.

Durante 55 años (1900-1955) Xcalak tuvo un apogeo en su actividad económica con la copra, que no es más que explotación de la cáscara de coco para hacer aceite. Como segunda actividad económica se tiene a la pesca que en esa época era muy abundante, y permitió el desarrollo de los habitantes de esta comunidad.

Con el paso del ciclón Janet en 1955, la comunidad fue casi destruida, obligando a los pobladores a abandonar el pueblo y dirigirse a otros lugares. Algunas familias que sobrevivieron optaron por quedarse y reconstruir el pueblo.

A pesar de los largos años, la comunidad se ha mantenido como un pueblo de pescadores sin un desarrollo que los catalogue como un punto importante en el mapa. Si bien los servicios básicos como luz y agua están presentes en la comunidad, no es el caso de algunos otros como la comunicación a Internet vía inalámbrica que es indispensable hoy en día.

Descripción del alcance del proyecto

A través de antenas inalámbricas instaladas en la torre de comunicación del Palacio Municipal de Othón P. Blanco, la torre principal del SQSC y una torre de 80 metros en la comunidad de Xcalak se logró suministrar el servicio de voz y datos a la biblioteca de esta comunidad, mediante antenas de ondas electromagnéticas de largo alcance. Con la ayuda de antenas sectoriales cubrir un rango de alcance de 800 metros en línea de vista.

Administrar el servicio de Internet con un equipo Fortigate para realizar el filtrado de páginas web así como el control de tráfico cuya administración estará a cargo de la Dirección de Informática con su departamento de redes y telecomunicaciones.

Instalar 5 equipos de cómputo tipo todo en uno de la marca HP en la biblioteca municipal de Xcalak para que los alumnos puedan realizar sus actividades académicas en línea.

Instalar un punto de acceso inalámbrico que permita otras conexiones a la red.

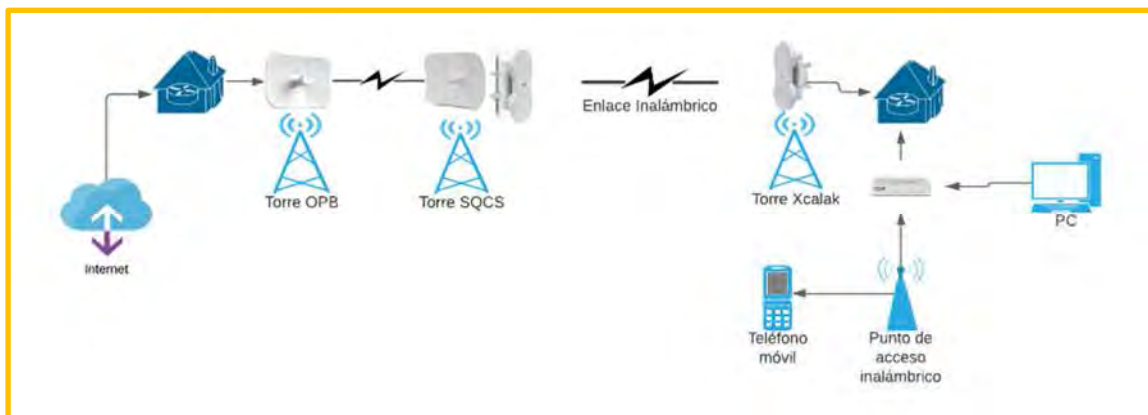


Ilustración 1 - Diagrama de conexión

Desarrollo del proyecto

Inicio

Solicitud de los habitantes

Este proyecto nace a través de las constantes demandas de los pobladores por contar con la comunicación inalámbrica en sus móviles, así como el servicio de Internet. Una de las propuestas de campaña del presidente municipal en el periodo 2016-2018, en ese entonces candidato, fue de realizar las gestiones necesarias para poder realizar el proyecto de conexión y suministrar el servicio.

Fue así como se le designó a la Dirección de Informática la encomienda de realizar el proyecto *“ENLACE INALAMBRICO CHETUMAL-XCALAK”*

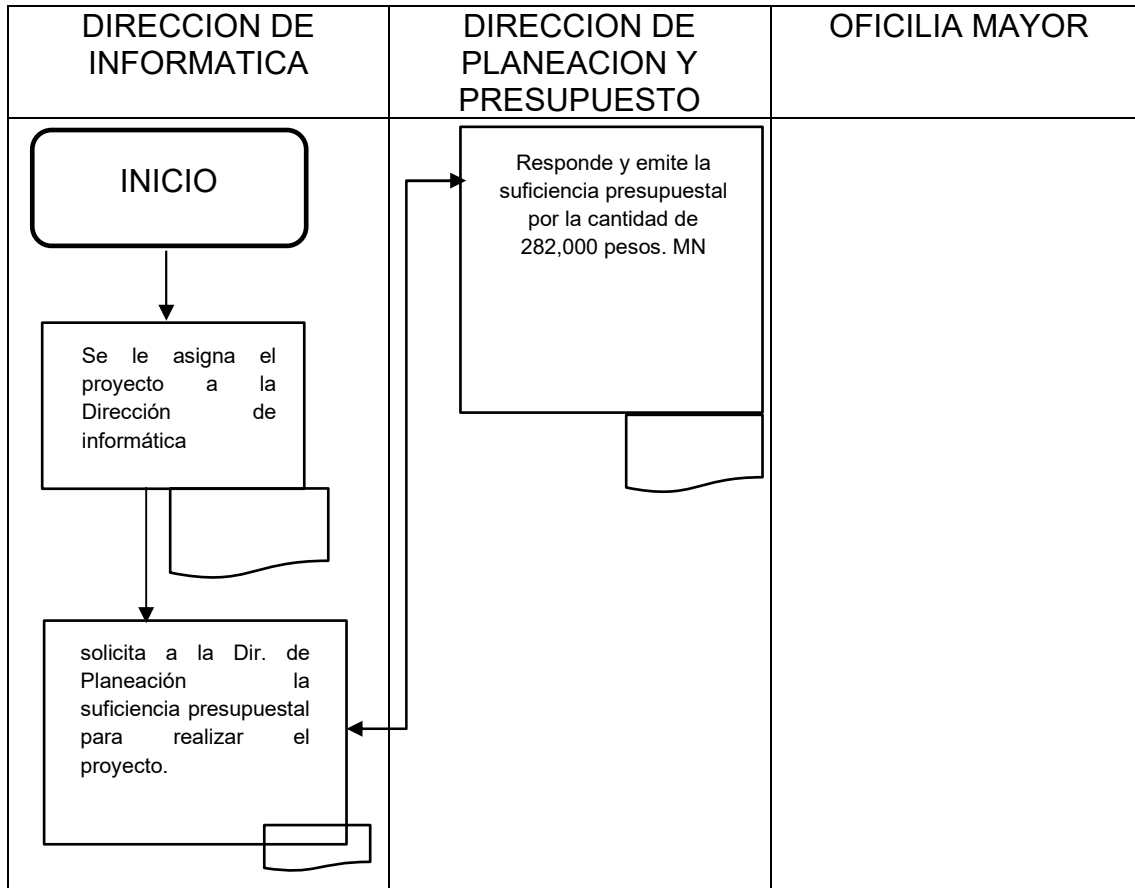
Gestiones y trámites

Se había contextualizado que el financiamiento de este proyecto fue por parte de el Fondo para la Infraestructura Social Municipal (FISM). El manual de procedimientos del FISM empieza desde la aprobación de la cámara de diputados del H. Congreso de la Unión y culmina con la recepción de los recursos a los ayuntamientos.

Este proyecto no tuvo que pasar todo ese proceso. Las gestiones que se necesitaron realizar fueron trámites internos de carácter municipal que fueron obligados para liberar el recurso económico para efectuar el proyecto.

Se describe el inicio de estos trámites mediante el siguiente diagrama:

Tabla 1 - Diagrama de trámites



Planeación

Ordenamiento y clasificación del lugar

En primera instancia se visitó la comunidad de Xcalak para valorar el edificio que albergaría la torre de comunicaciones. Tuvimos que evaluar los cimientos del edificio, ya que anteriormente perteneció como bodega de la CFE y con el tiempo fue remodelado por administraciones municipales convirtiéndola en biblioteca comunitaria.



Ilustración 3 - Instalaciones de la biblioteca comunitaria

Por otra parte, las condiciones del cableado eléctrico, así como la regulación de los voltajes de corriente fue otro factor que nos indicó de la posible falta de energía eléctrica, así como las variaciones del voltaje.

Xcalak es una zona muy propensa al salitre, los materiales hechos con acero suelen corroerse muy rápido. También sabemos que es una zona propensa a fenómenos atmosféricos, por lo que el plan de contingencia en caso de huracanes tuvo que ser algo fundamental como parte de los entregables del proyecto.



Ilustración 4 - Vista aérea de Xcalak

En el lado del punto de Chetumal se tuvo que hacer un convenio colaborativo con el SQCS para ocupar un espacio en su antena de telecomunicaciones. Este convenio duraría por lo menos dos años con el compromiso de renovarlo de acuerdo con las cláusulas especificadas en el documento.



Ilustración 6 - Firma de convenio



Ilustración 5 - Foto del recuerdo

Distancia entre punto y punto

La comunidad de Xcalak se encuentra en línea recta a 54.87 Km de distancia de la torre de telecomunicaciones del SQCS. El gran tramo de agua donde viajaron las ondas de radio fue un factor fundamental para saber que equipos de enlaces teníamos que adquirir. Las condiciones climáticas en nuestra zona generan algo que se le conoce ruido térmico. Unir estos dos puntos a través de un enlace requirió de antenas con alcances de 100 km.

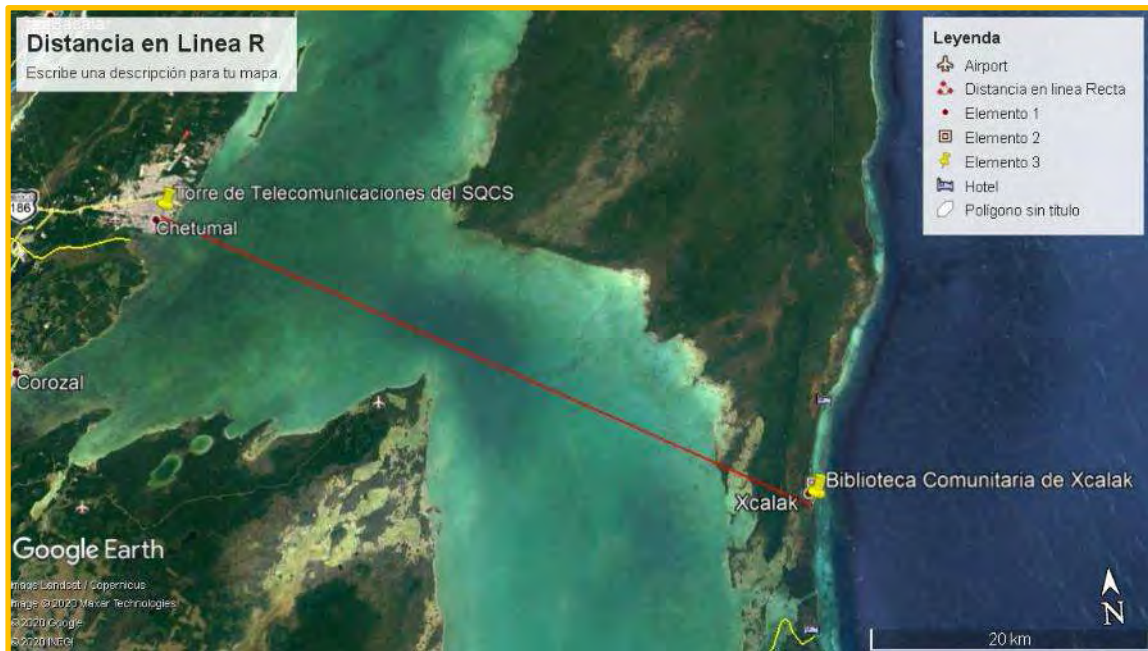


Ilustración 7 - Distancia en línea recta

Para que un enlace inalámbrico sea exitoso tiene que haber una buena sincronización de los dos lados. Estos dos puntos tienen que estar en una zona de fresnel mínimo al 60 por ciento clara. Los problemas que se presentan en un enlace a gran distancia es la curvatura de la tierra. Esta curva hace que los enlaces no tengan puntos de vista, por lo que se requiere de torres muy altas para evitar este obstáculo.

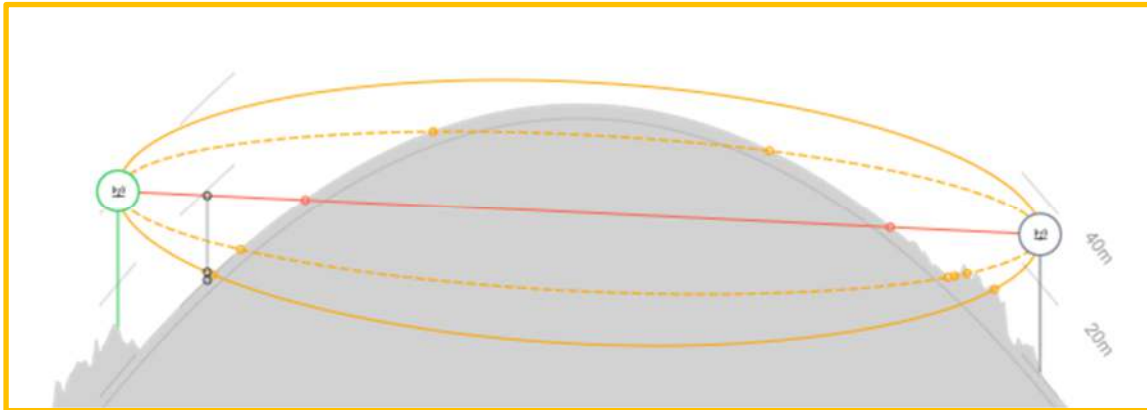


Ilustración 8 - Zona de fresnel bloqueada

En la ilustración 8 se puede apreciar que los dos puntos no se pueden enlazar debido al obstáculo de la curvatura de la tierra.

Este detalle pudimos resolverlo gracias a las alturas de las antenas en los dos puntos, por un lado, la antena del SQCS que tiene 75 metros de alto y del lado de la biblioteca que debería contar con 80 metros de altura.

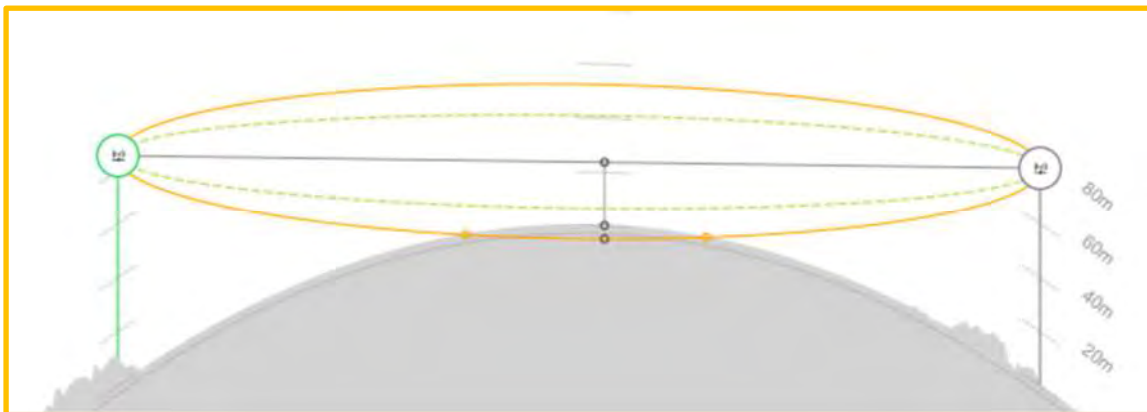


Ilustración 9 - Zona de fresnel libre

En la ilustración 9 se puede apreciar las alturas de las antenas, evitando así la curvatura de la tierra.

Se usó airlink de la empresa UBIQUITI, herramienta que te permite hacer una simulación de tus enlaces, es decir, te muestra la zona de fresnel que deben tener las antenas para la sincronización.

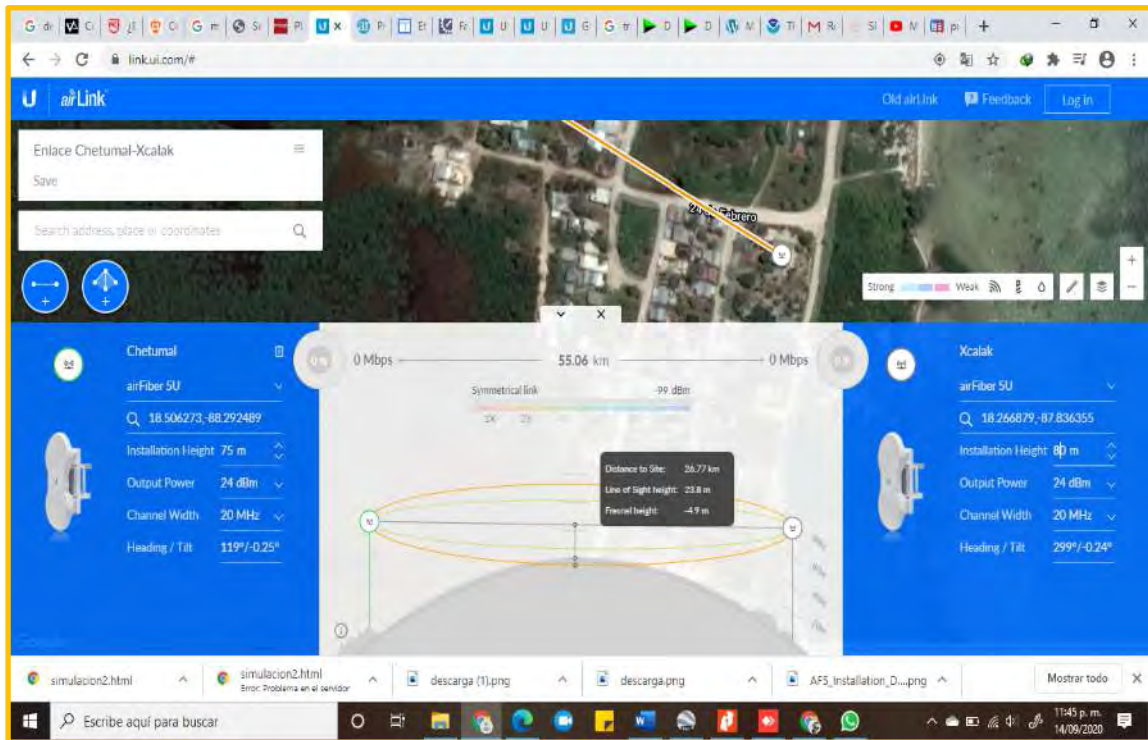


Ilustración 10 - Herramienta airLink

Esta imagen muestra el uso de la herramienta airlink. Podemos observar en la ilustración 10 los tipos de información que se puede obtener, por ejemplo:

- La distancia que hay de punto a punto.
- El tipo de antena que se va a utilizar
- La zona de fresnel de la simulación.
- La altura donde se instalará las antenas en cada punto.
- El ancho del canal.
- Potencia de las antenas.

Con esta herramienta se desarrolló el primer plano para tomar la decisión de qué tipo de antenas usar. Se utilizaron dos antenas tipo airFiber 5AF de la marca UBIQUITi. Estas antenas cumplieron con la cobertura de la distancia de 54.87 km.

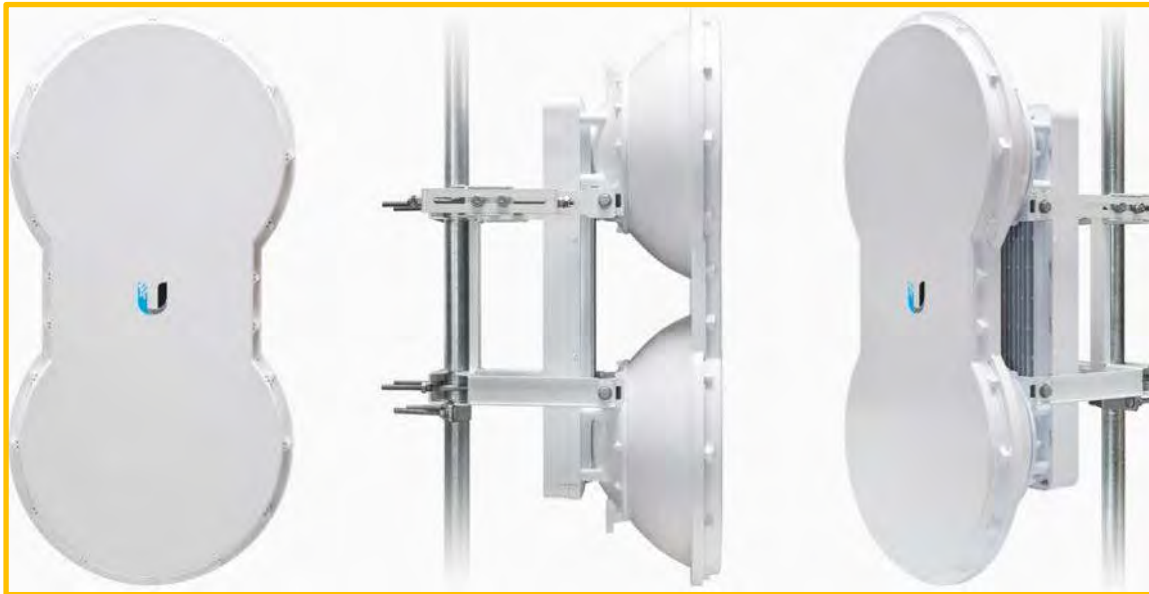


Ilustración 11 - Antena AirFiber Modelo AF-5

Las antenas airFiber proveen un rendimiento real de hasta 1.2+ Gbps. funciona en frecuencias de 5 GHz. Los usuarios pueden implementar airFiber5 casi en cualquier lugar que elijan (sujeto a las regulaciones locales del país).

Tipo de torre

Dadas las características de la comunidad y la distancia que tenía que recorrer la señal para brindar el servicio de Internet, necesitaríamos un tipo de estructura capaz de soportar la carga del equipo y sobre todo las fuerzas externas a las que se sometería durante su vida útil. Así como el factor distancia entre punto y punto.

La torre tipo arriostrada es una estructura de comunicación que se utilizó para este proyecto. El modelo de la estructura fue una T-45. Capaz de soportar los de 16 kilogramo de la antena con todo y kit de montaje.



Ilustración 12 - Tramo de torre At-45

Cada tramo mide tres metros de altura, se utilizaron alrededor de 24 tramos de torre.

Red voz y datos

Dentro de planeación del proyecto se debía definir qué tipo de control o administración de la red íbamos a configurar para mantener un buen control de banda ancha, así como un filtrado de páginas. Recordemos que el servicio iba a estar abierto a la comunidad. Para realizar el control de datos, optamos por un equipo de la marca FORTINET denominado Fortigate de la serie 60e. Este equipo fue capaz de realizar el filtrado de acuerdo con los parámetros establecidos, así como la asignación de banda ancha. Cada dispositivo tendría un control de banda ancha de 5Mb/s.



Figura 3.2.4-1 Equipo Fortigate 60E

El objetivo del proyecto no era tan solo proporcionar Internet a la biblioteca municipal de la comunidad de Xcalak, sino también brindar el servicio a los alrededores del edificio con una antena omnidireccional de la marca UBIQUITI modelo Bullet.



Ilustración 13 - Antena omni direccional

La red de voz estaría bajo el servicio de VoIP. Con teléfono configurado y con el ancho de banda de 8kb/S que nos proporcionaría el servicio de Internet era más que suficiente para poder realizar las llamadas. Cabe señalar que el servicio de voz fue arrendado mediante planes mensuales del servicio. Se optó por adquirir un teléfono marca CISCO para el protocolo VoIP.



Ilustración 14 - Teléfono para voz sobre IP

Ejecución y control del proyecto

La ejecución de este proyecto se tuvo que realizar en dos fases:

- 1. LIBERACION DEL FONDO Y PROCESO DE ASIGNACION**
- 2. EJECUCIÓN DEL PROYECTO.**

Liberación del fondo y proceso de asignación

Cada proyecto para ser ejecutado debe de tener un sustento económico que lo respalde. La liberación del presupuesto para el desarrollo del proyecto tuvo una serie de procesos que por normatividad había que seguir, de acuerdo con el Manual de Procedimientos Internos del Municipio de Othón P. Blanco. Los cuales fueron:

- Elaboración de las bases de licitación.
- Asignación del proyecto.
- Pago del 50% para empezar a ejecutar el proyecto.
- Entrega del proyecto.
- Pago del 50% restante.

En general, el proceso se describe en el siguiente diagrama como parte de la primera fase dentro del desarrollo del proyecto. De forma generalizada se pueden conceptualizar los procesos que se llevaron a cabo a través de líneas de seguimiento.

Tabla 2 - Diagrama de liberación del fondo

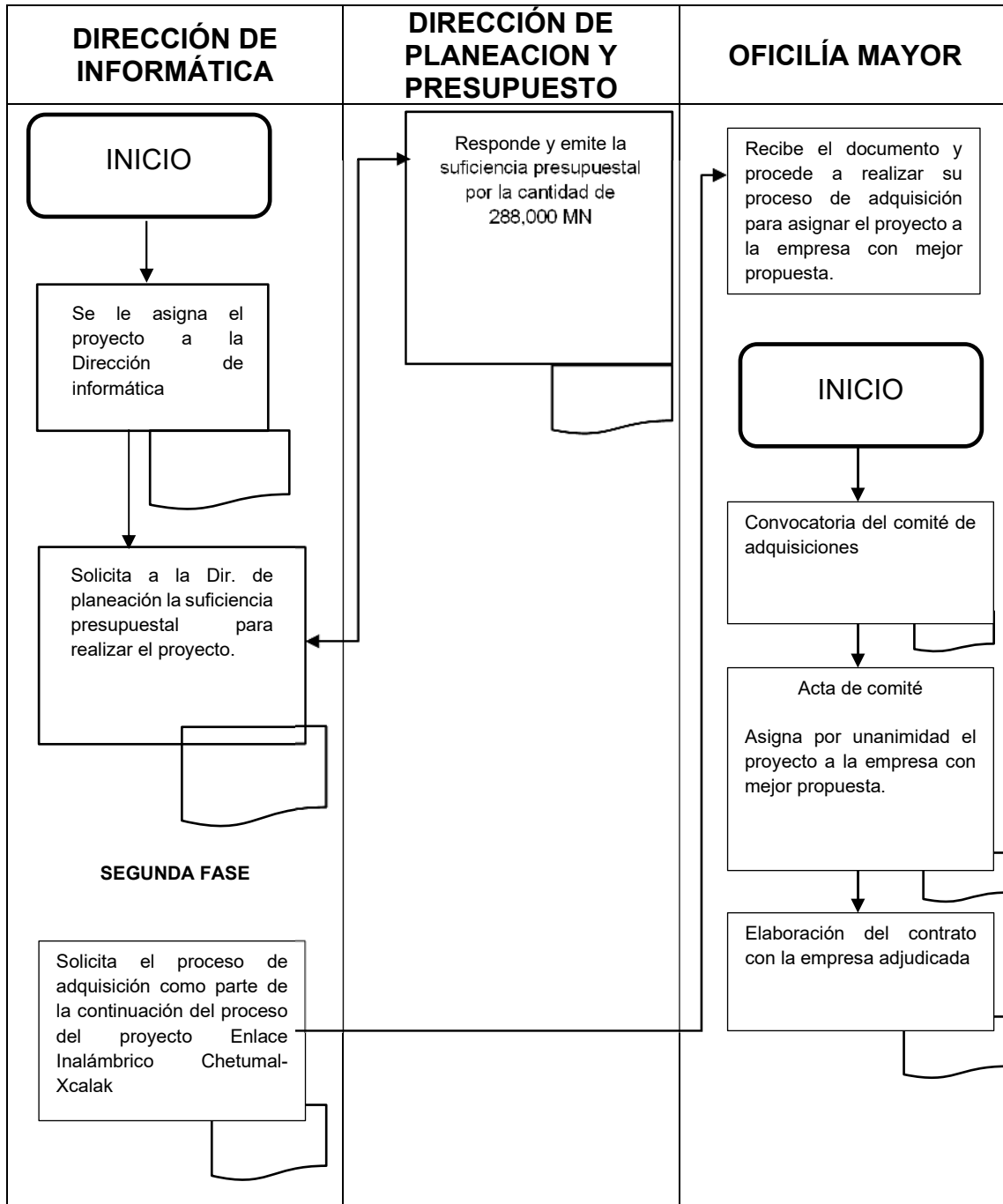
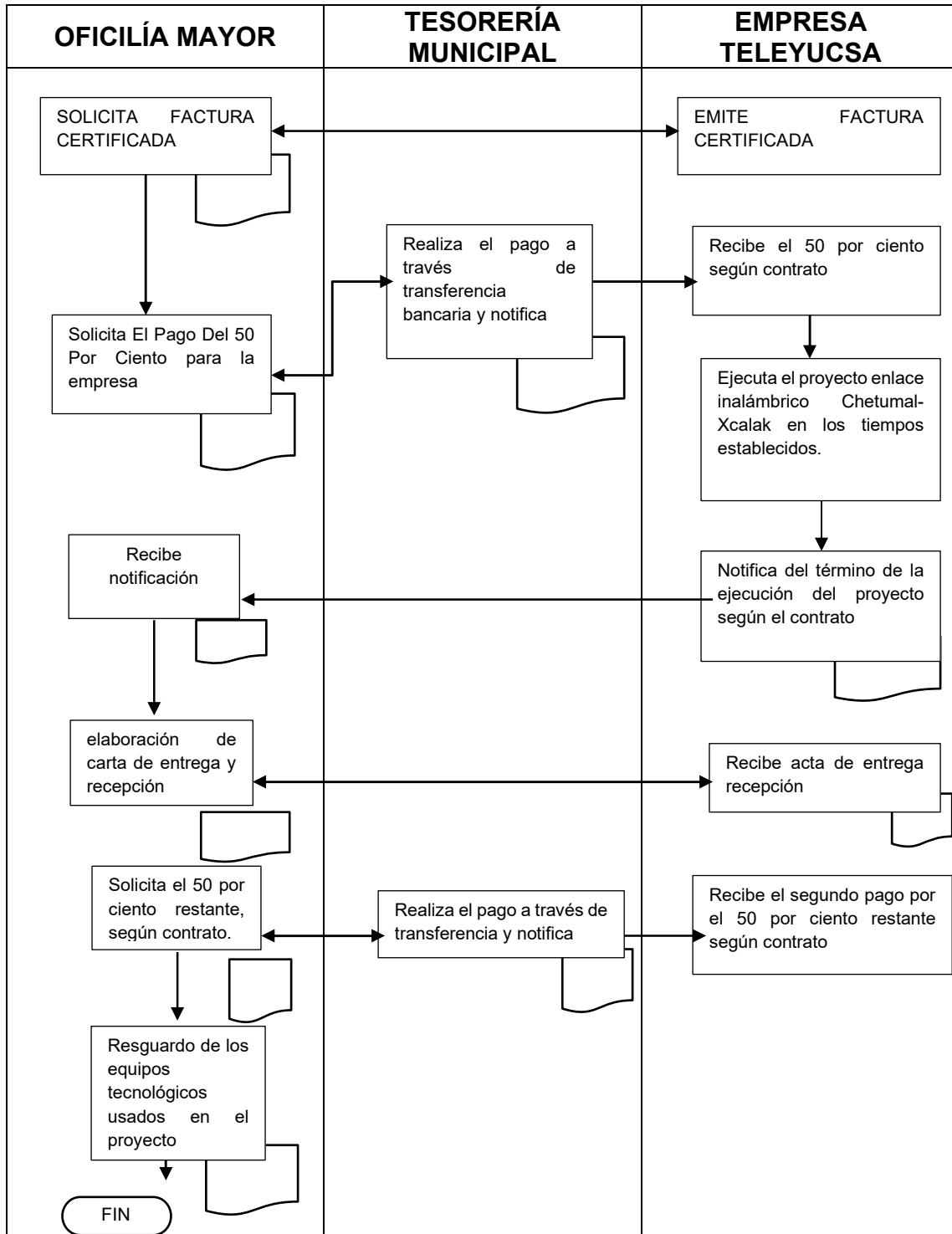


Tabla 3 - Diagrama del proceso de asignación



Ejecución del proyecto por parte de la empresa TELEYUCSA.

Como se había mencionado en el diagrama de seguimiento, la empresa TELEYUCSA fue la responsable de efectuar la instalación de la torre, así como las antenas y la configuración de estas. Este proyecto se realizó en un plazo no mayor a 30 días.

Según la planeación, la empresa tuvo que adaptarse a los tiempos marcados por el proyecto, ajustando sus actividades según el calendario realizado con el diagrama de Gantt.

Es muy importante resaltar que la ejecución del proyecto en su segunda fase fue realizada en tiempos de lluvias por lo que la empresa podría o no suspender las actividades de elaboración e instalación de la torre según el clima presentado ese día.

Para realizar la instalación de la torre, se tuvieron que hacer una serie de pasos que a continuación se describen:

- a) Obra civil: Elaboración de dados de concreto con anclajes para soportar las retenidas de la torre.
- b) Instalación de los tramos de torre, con una longitud de 3 metros cada uno, instalación de bridas y retenidas para sostener la torre.
- c) Pintar la torre con pintura epóxica empezando en el tramo uno con color rojo y en el segundo con color blanco de forma intercalada.
- d) Instalación de tierra física de la torre.
- e) Instalación de antenas en la torre de telecomunicación del SQCS y la torre de telecomunicaciones de Xcalak.
- f) Pruebas de enlace Chetumal- Xcalak.

Obra civil: Para la torre arriostrada hubo consideraciones que tomar según el manual instructivo para torres arriostradas.

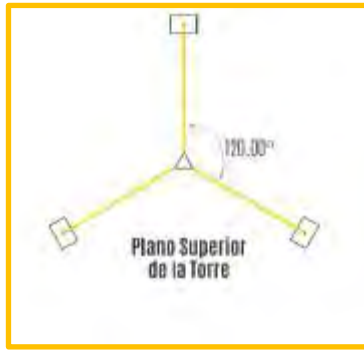


Ilustración 15 - Plano superior de la torre

La cimentación de los dados. Los vértices de las retenidas deben alinearse con el centro del lado opuesto del triángulo de la base, para que las retenidas queden igualmente espaciadas y correctamente alineadas.

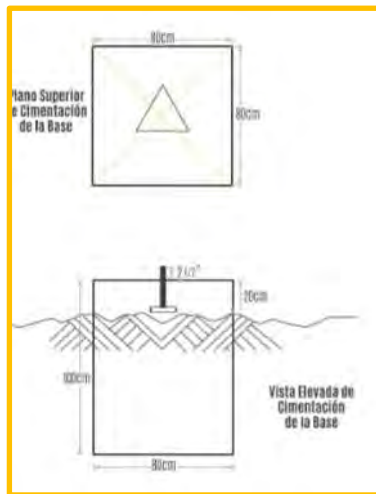


Ilustración 16 - Cimentación de la base

Las medidas para el dado de concreto para la cimentación de la base son de 80×80 cm. La base debe centrarse en el dado de concreto, la altura del dado es de 100cm , dejando 20cm sobre el nivel del suelo, ilustración 16.

Las medidas para el dado de concreto para la cimentación de las anclas que sujetan la retenida son de 80×80 cm. El ancla debe centrarse en el dado de concreto, la altura del dado es de 150cm , dejando 20cm sobre el nivel del suelo.

Se recomienda colocar el ancla con una inclinación de 30 grados centrado el ojillo de la misma en el dado de concreto, ahogándola asegurando que cubra el cordón de soldadura, es decir que solo el ojillo quede expuesto como se ve en la ilustración 17

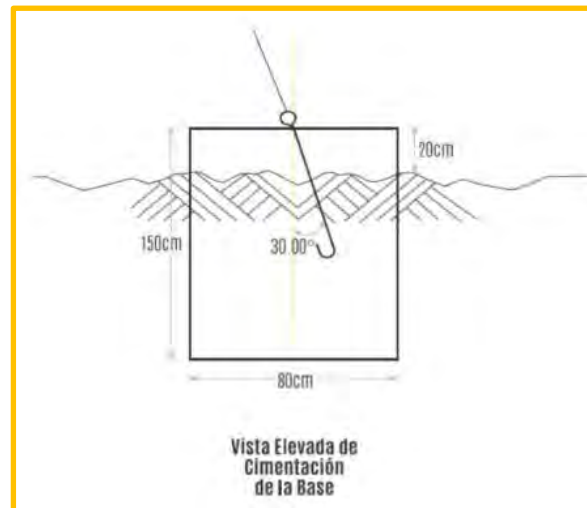


Ilustración 17 - Cimentación del ancla

Dado que el terreno de la comunidad de Xcalak se puede considerar como blando por la cantidad de agua en el subsuelo tuvieron que hacer una base de concreto armado con varilla de 3/8 con un colado de cemento para que pueda estar firme la estructura de acero y colar el dado junto con el ancla de un ojo.



Ilustración 18 - Base de concreto armado

Instalación de los tramos de torre

El montaje de la torre se realizó a través de montaje “tramo a tramo” el cual consiste en fijar en vertical un tramo inferior a la base de la torre, quedando perfectamente acoplado y nivelado, para posteriormente ir montando los siguientes tramos hasta el final o puntera, con la ayuda del utillaje adecuado para su montaje, y fijando arriostras (vientos) durante y hasta la finalización de la instalación.



Ilustración 20 - Tramos de la torre

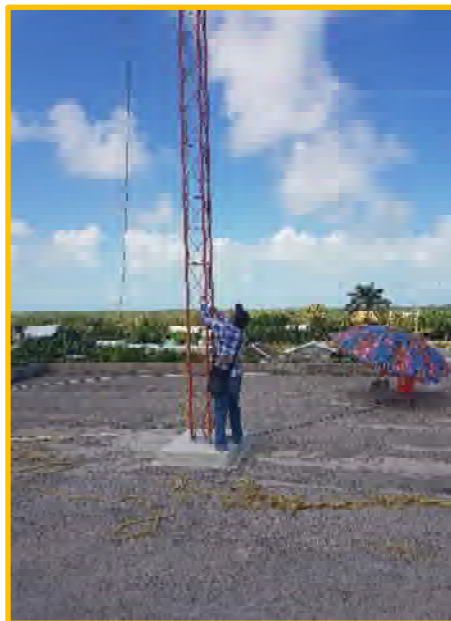


Ilustración 19 - Instalación de la torre

Pintar la torre

Una de las obligaciones en la instalación de torres arriostradas es la pintura, se debe pintar cada tramo como lo marca la norma. En México la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) marca como obligatorio el uso de señalización pintura en franjas para el día y por la noche lampara de obstrucción.

Cada tramo tenía de altura 3 metros y un tramo se pintaba de naranja y el siguiente de blanco, de forma intercalada. La torre no se pinta solo por cumplir con la norma, también es un recubrimiento adecuado y ayuda a prolongar su vida útil.



Ilustración 21 - Pintura de los tramos

Instalación de tierra física de la torre

Para este proceso se tuvo que realizar una instalación que pueda derivar la energía de un rayo a la masa conductora de la tierra. Está constó de una placa de cobre instalada en lo más alto de la torre, conectada mediante un cable de cobre desnudo de 70 metros que bajaba hacia un registro de salida.



Ilustración 24 - Tierra física



Ilustración 22 - Placa de cobre



Ilustración 23 - Cable de cobre

Instalación de antenas inalámbricas y configuración

Para poder establecer el enlace se tuvo que instalar las antenas en la torre de comunicaciones de la SQCS en Chetumal y en la torre ya instalada de la biblioteca comunitaria en Xcalak.



Ilustración 25 - Torre SQSC Chetumal

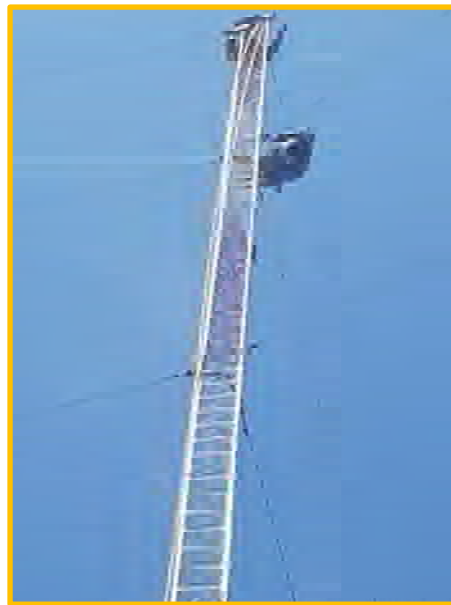


Ilustración 26 - Torre Xcalak

La actividad en este hito del proyecto fue subir por las torres de comunicaciones para poder fijar las antenas en un punto en donde puedan comunicarse ambas.

Para esto se trazó una línea en el software Google Earth para apuntar de forma exacta el objetivo. Cabe recalcar que, por la distancia, la orientación de la antena puede variar hacia su objetivo, es decir, un centímetro giratorio puede significar metros del otro lado.



Ilustración 27 - Imagen de Google Earth

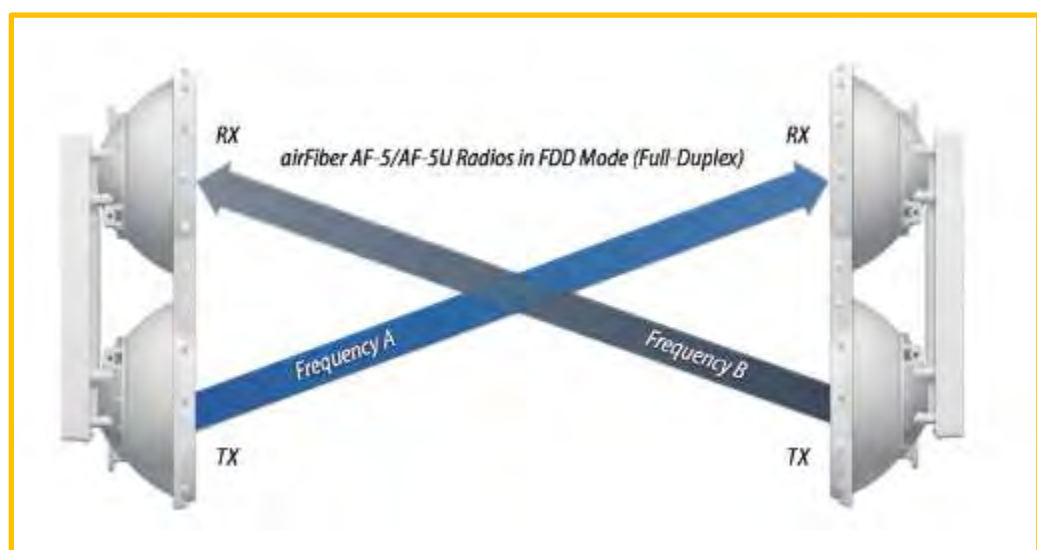


Ilustración 28 - Esquema de transmisión de las antenas

Configuración de las antenas

Primer paso

Deslizar la tapa que se encuentra en la parte posterior de la antena para poder enlazarse con la antena.



Ilustración 29 - Tapa de la antena

Segundo paso

Conectar el cable ethernet al puerto de datos.



Ilustración 30 - Puerto de datos de la antena

Tercer paso

Conectar el otro lado del cable ethernet de el puerto de datos del adaptador *power over ethernet* POE y conectar a la corriente.



Ilustración 31 - Conexión de corriente POE

CUARTO PASO

Debemos conectarnos al puerto de mantenimiento de la antena para tener acceso a ella mediante la dirección 192.168 1.20/24 sin gateway.



Ilustración 32 - Puerto de configuración

Quinto paso

Una vez que accedamos a la configuración mediante una autenticación, tenemos que ir a la sección de *wireless mode*, donde se configura la antena en el modo *MASTER*. Este enlace es del tipo *Point to Point* (PTP), por lo tanto, una antena tiene que ser el *Master* y otra *Slave*.

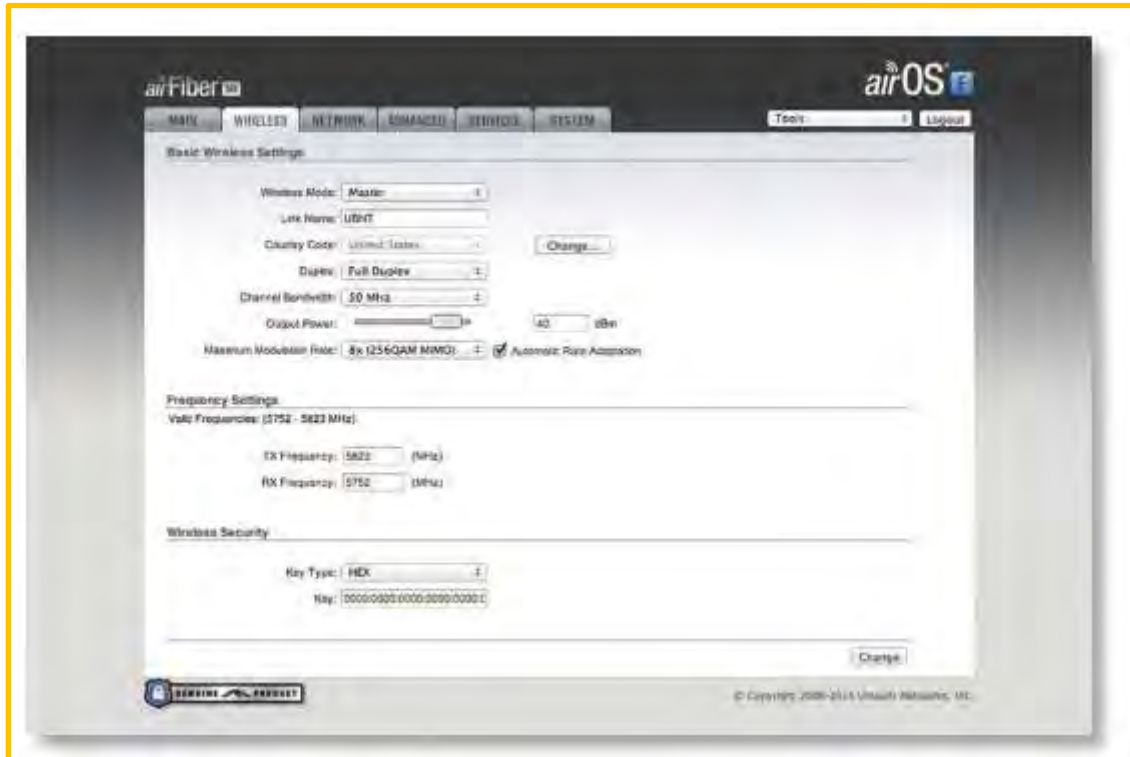


Ilustración 33 - Configuración MASTER

También tenemos que darle una contraseña de seguridad a la red inalámbrica de tipo hexadecimal.

Sexto paso

En la pestaña de network tenemos que asignarle una dirección IP estática. Muy importante pues por default las antenas vienen con la misma dirección de configuración. Si nosotros no le asignamos una dirección diferente las antenas no podrán enlazarse.

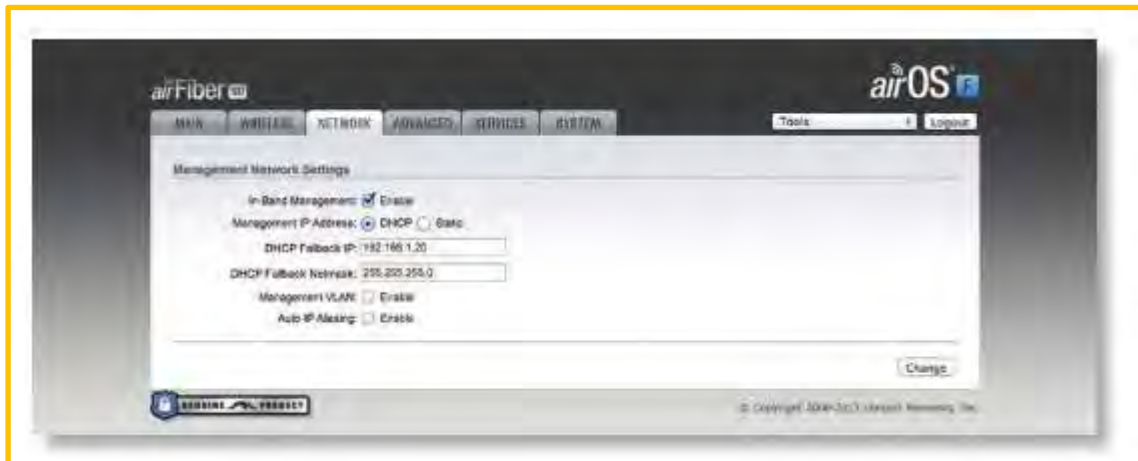


Ilustración 34 - Asignación de dirección IP

Para este punto la antena AirFiber AF-5 ya está configurada en modo *master*.

Para la parte de Xcalak, se siguen los mismos pasos, excepto que, en la pestaña de *Wireless Mode* se configura como *Slave* con una dirección IP estática del mismo segmento que se usó en la primera.

De esta forma se crea un enlace tipo *full-duplex*. Podemos establecer conexión entre la antena de Chetumal y la antena de Xcalak.

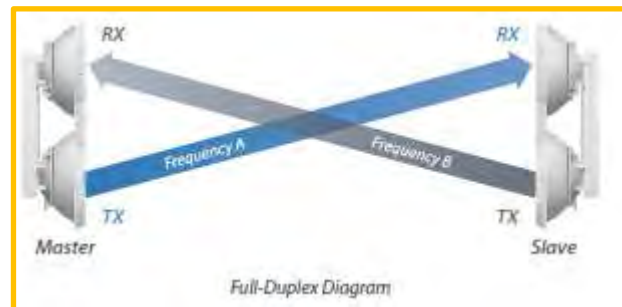


Ilustración 35 - Diagrama Full Duplex

PRUEBAS DE ENLACE:

Para las pruebas de enlace se utilizó un ping extendido, haciendo referencia a la *host Slave* 192.168.1.70

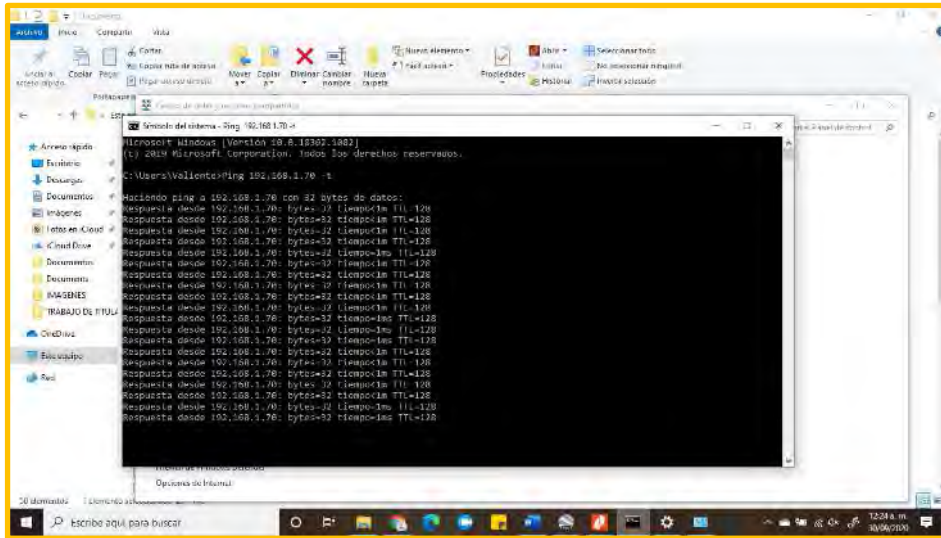


Ilustración 36 - Pruebas de enlace

El resultado indica que se enviaron cuatro paquetes de prueba de 32 bytes desde el host 192.168.1.70 y se devolvieron a este en un tiempo de menos de 1 ms. TTL son las siglas de tiempo de vida, que define la cantidad de saltos que le restan al paquete ping antes de que se descarte.

Para la prueba de ancho de banda se llegó a establecer un enlace de 50 Mb/s en un canal de 50Mhz.

Cierre del proyecto

Esta última etapa del proyecto incluyó las actividades necesarias para finalizar la gestión del proyecto. Asegurándose de completar las obligaciones contenidas en el contrato. La verificación de que se hayan cumplido, el cierre del contrato y la documentación del proyecto, así como los activos que estos incluyeron.

Aquí algunos puntos que tomamos en consideración para el cierre del proyecto.

- Finalizar el contrato de acuerdo con las especificaciones.
- Establecer una lista de las cuestiones pendientes para cerrar el proyecto y gestionar su progreso hasta el punto en el que se pueda considerar el cierre.
- Establecer un plan de transición del producto desde el equipo de proyecto hacia sus usuarios y el equipo de mantenimiento asignado, que incluirá las tareas que habrá que realizar tras la entrega y las habilidades que se deberán desarrollar o de las que habrá que disponer, para mantener o mejorar sus resultados.
- Asegurar el mantenimiento tras el cierre del proyecto, y diseñar un plan específico que incluya las revisiones y modificaciones previstas, el enfoque de recursos dedicados al mantenimiento y quién ejecutará el plan.
- Finalizar la documentación de proyecto (y del producto) en el cierre, y cubrir todos los aspectos de diseño, construcción y uso.
- Finalizar la formación de usuarios, en tanto que todas las personas y organizaciones afectadas por el nuevo sistema han participado de la formación.
- Medir el grado de satisfacción del cliente con los resultados producidos por el proyecto.
- Realizar el cierre económico del proyecto, firmar el estado de costes finales del proyecto comparado con el presupuesto disponible y proceder al cierre de facturación.
- Firmar la aceptación final de todos los entregables del proyecto.
- Realizar la entrega formal del producto (entregables de producto y documentación de proyecto) a la organización de línea.
- Firmar el cierre contractual del proyecto.
- Proceder al inventariado y archivo de todos los documentos y trabajos intermedios.

Resultados del proyecto

Este proyecto fue desarrollo en 30 días hábiles que inició 7 días después de haberse aportado el 50 por ciento del costo total del contrato.

Se pudo inaugurar la biblioteca municipal con el servicio de Internet gratuito, así como el servicio de VoIP.



Ilustración 38 - Acto inaugural 1



Ilustración 37 - Acto inaugural 2

Con este proyecto se benefició a 900 personas que podrían hacer uso del servicio de Internet de forma gratuita con su dispositivo celular en las inmediaciones de la biblioteca, así como 50 alumnos hacer uso del mismo servicio dentro de las instalaciones de la biblioteca comunitaria.



Ilustración 39 - Uso de los servicios de Internet

Fue posible llevar a cabo la primera llamada en la comunidad de Xcalak del servicio VoIP.

También en el ámbito educativo, pudimos dotar a la biblioteca de equipo de cómputo, el cual les servirá a los alumnos para facilitar en sus estudios.



Ilustración 40 - Equipo de cómputo donado a la biblioteca comunitaria

Conclusiones

Podemos concluir de la importancia que tienen las comunicaciones hoy en día. Estar siempre comunicados ha facilitado la vida diaria de la sociedad ya que nos permite tener al alcance a cualquier persona y servicio a través de los vínculos de las redes y sobre todo de estar siempre informados.

El estar a la vanguardia nos permitirá acercar a más comunidades a la era digital. Un ejemplo fue la comunidad de Xcalak que, gracias a este proyecto, ha obtenido una alternativa más de comunicación. Pudimos observar la satisfacción de la gente, pues representa un apoyo en el aspecto económico, ya que como habíamos mencionado al principio de este documento, es una de las zonas del municipio de Othón P. Blanco aún marginadas, a pesar de que es un centro turístico.

Los enlaces inalámbricos fueron una solución factible para acercar a esos lugares carentes de infraestructura para la comunicación. La desventaja de estos tipos de enlace radica en que son costosos. Por lo cual, la infraestructura para la comunicación tiene que correr a cargo de un gobierno o empresa privada.

Fue el caso de este proyecto, surgió como una demanda de los habitantes para estar comunicados y fue el gobierno municipal a través de un fondo federal que pudo ser financiado.

Por la parte de un servidor realizar este proyecto ayudó mucho a mi desarrollo laboral y profesional, pude aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de mi carrera, así como desarrollar nuevas competencias.

Una de las habilidades aprendidas fue la instalación de la torre de telecomunicaciones. Desde la fabricación de los dados de concreto que sostuvieron a la torre hasta la configuración de las antenas de enlace.



Ilustración 41 - Instalación de la antena en la torre Xcalak

Mi recomendación para la División de Ciencias e Ingeniería es poder tener una materia optativa sobre instalación de torres y mástiles. Ya que nuestro perfil de carrera nos lo exige. El conocer los fundamentos para la instalación de este tipo de infraestructura ayudaría mucho a los futuros ingenieros. Antes de ser ingenieros fuimos técnicos y por lo tanto debemos contar con las bases o conocimientos del tema. Necesitamos empezar a desarrollar esta habilidad y preparar a los estudiantes de la Ingeniería en Redes para ser aún más competitivos.

Referencias

1. Municipio de Othón P. Blanco. www.opb.gob.mx. *Municipio de othón P. Blanco*. [En línea] [Citado el: 3 de septiembre de 2020.] http://www.opb.gob.mx/portal/wp-content/uploads/transparencia/93/1/a/PLAN_MUNICIPAL_DESARROLLO_2016-2018.pdf.
2. Roo, Gobierno del Estado de Quintana. *Sefiplan*. [En línea] [Citado el: 13 de septiembre de 2020.] <https://qroo.gob.mx/sefiplan2/ramo-33/>.
3. Social., Sistema Quintanarroense de Comunicación. www.qroo.gob.mx/sqcs. [En línea] 7 de septiembre de 2017. [Citado el: 01 de octubre de 2020.] <https://www.qroo.gob.mx/sqcs/firma-de-convenio-de-colaboracion-entre-el-sistema-quintanarroense-de-comunicacion-social-y-el>.
4. Ubiquiti. [En línea] [Citado el: 5 de septiembre de 2020.] <https://www.ui.com/>.
5. Carballar, José A. *Wi-Fi. Instalación, seguridad y Aplicaciones*. México : Alfaomega, 2007. 978-84-7897-807-6.