



PROYECTO INTEGRADOR

ENTREGA FINAL

**PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE SMART CITIES EN
LAS ZONAS RURALES BUENAVENTURA HACIENDO USO DE COMPONENTES DE
INDUSTRIAS 4.0.**

PROFESOR

MONICA MERCEDER MOYA FORERO

AUTORES

**GIOVANNY ANDRES GRANADOS SUAREZ
RONALD RENGIFO CUERO
CAROLINE PRADA VENTERO**

**BOGOTÁ D.C.
2022**

AGRADECIMIENTOS

Nuestros más profundos agradecimientos y gratitud al docente de Infraestructura Alexander García Pérez por la asesoría y los conocimientos impartidos durante el desarrollo de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	3
TABLA DE ILUSTRACIONES.....	5
TABLA DE TABLAS.....	6
GLOSARIO	7
RESUMEN EJECUTIVO.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
OBJETIVOS.....	10
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	11
JUSTIFICACIÓN.....	12
ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS.....	13
ALCANCE.....	13
ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO.....	13
MARCO DE REFERENCIA.....	16
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
RADIOENLACE.....	16
Equipos terminales:.....	16
Equipos Intermedios:.....	16
Zona de Fresnel:.....	17
Frecuencias:.....	18
Antena:.....	18
Enlace Punto a Punto:.....	21
Enlace Punto a Multipunto:.....	21
REDES.....	22
Hibrido de fibra coaxial (HFC).....	22
Nodo Central (HEADEND) y Red de Distribución.....	22
Red FTTH.....	24
Atenuación.....	24
MONITOREO Y CONTROL DEL NODO CENTRAL CON DISPOSITIVOS IoT ARDUINO.....	25

Arduino	25
Arduino IDE 1.8.19.....	25
Internet de las cosas, dispositivos Arduino.....	25
ESP8266.....	26
Arduino Uno	26
Fritzing.....	27
Sensor de presión diferencial MPX5010DP.	27
ANÁLISIS DE RESTRICCIONES	28
LEGALES	28
AMBIENTALES.....	29
SALUD Y SEGURIDAD.....	29
METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN Y DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	29
RADIOENLACE.....	29
RED FTTH	33
MONITOREO Y CONTROL DEL NODO CENTRAL CON DISPOSITIVOS IoT ARDUINO.....	34
ANALISIS DE RESULTADOS.....	35
DISEÑO RADIOENLACE	35
DISEÑO RED FTTH.....	36
SIMULACIÓN INTEGRADA FINAL	40
NODO CENTRAL.....	41
DISEÑO DE MONITOREO Y CONTROL.....	41
SIMULACIÓN SISTEMA DE MONITOREO COMPLETO, INTEGRADO CON ESP8266.....	44
SIMULACIÓN DE LA RED GENERAL	47
ANÁLISIS DE COSTOS	50
RADIOENLACE.....	50
RED FTTH	51
NODO CENTRAL	52
MONITOREO Y CONTROL	52
CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	55

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Radioenlace.....	17
Ilustración 2: Zona de Fresnel.....	17
Ilustración 3: Ganancia de Radiación de las Antenas.....	19
Ilustración 4: Antena Yagi.....	19
Ilustración 5: Antena Panel.....	20
Ilustración 6: Antena Parabólica.....	20
Ilustración 7: Radioenlace Punto a Punto.....	21
Ilustración 8: Enlace Punto a Multipunto.....	21
Ilustración 9: Infraestructura de una red HFC. Fuente: Recuperado de (Tarluz Quality & Service, 2020).....	22
Ilustración 10: Architecture of GPON FTTH Network.....	23
Ilustración 11: Arquitectura FTTH GPON representada de manera práctica. Fuente: Recuperado de (Promax, 2019).....	24
Ilustración 12:ESP8266.....	26
Ilustración 13: Arduino Uno.....	26
Ilustración 14: Sensor de presión diferencial MPX5010DP.....	27
Ilustración 15. Torre Autosoportada.....	30
Ilustración 16: Antena Direccional PTP.....	31
Ilustración 17: Especificaciones Antena.....	31
Ilustración 18: ODU.....	32
Ilustración 19: Especificaciones ODU.....	32
Ilustración 20: IDU.....	33
Ilustración 21: Especificaciones IDU.....	33
Ilustración 22: Simulación Radioenlace.....	35
Ilustración 23: Detalle Simulación Radioenlace.....	35
Ilustración 24: Trazado inicial Red FTTH. Fuente: Elaboración Propia con Google Earth.....	38
Ilustración 25: Levantamiento Postes del proyecto. Fuente: Elaboración Propia con Google Earth.....	38
Ilustración 26: Sectorización de la red FTTH. Fuente: Elaboración Propia con Google Earth...	39
Ilustración 27: Arquitectura Simplificada de la red FTTH. Fuente: Elaboración Propia desde Draw.io.....	39
Ilustración 28. distribución de los Splitter a lo largo de la red FTTH. Fuente: Elaboración Propia con Google Earth.....	40
Ilustración 29: Radioenlace y Red FTTH.....	40
Ilustración 30: Sensor Magnético de Puerta.....	42
Ilustración 31: Sensor de Temperatura y Humedad.....	42
Ilustración 32: Sensor de Nivel de presión Hidrostática.....	43
Ilustración 33: Arduino, Voltaje AC.....	44
Ilustración 34. Diagrama esquemático Sistema de monitoreo.....	45
Ilustración 35. Circuito físico.....	45
Ilustración 36. Monitoreo.....	46

Ilustración 37. Monitoreo.....	46
Ilustración 38. Monitoreo, vista celular	47
Ilustración 39: Infraestructura Simulada del proyecto. Fuente: Elaboración Propia en Cisco Packet Tracer.	48
Ilustración 40: Solicitud de ingreso a la página creada en el servidor HTTP demostrando la función del ISP en la red. Fuente: Elaboración propia por medio de Cisco Packet Tracer.	48
Ilustración 41: Configuración DHCP para la asignación automática de IP en la red. Elaboración propia por medio de Cisco Packet Tracer.	49
Ilustración 42: Resultados Ping de los dispositivos al servidor HTTP. Elaboración Propia por Cisco Packet Tracer.	50

TABLA DE TABLAS

Tabla 1: Especificaciones del Producto	15
Tabla 2: Atribución del segmento de frecuencias de 5925 – 7125 MHz.....	18
Tabla 3: Compatibilidad de la fibra para el rango de 1260 y 1360 nm de longitud de onda para subida y bajada respectivamente. Fuente: Recuperado de (ITU, 2019).	36
Tabla 4: Atenuación para los Splitters de Fibra Óptica. Fuente: Elaborado con datos base de (Tinoco Alvear, 2011).....	37
Tabla 5: Obras civiles y torre.....	50
Tabla 6: Costos Equipos Radioenlace.....	51
Tabla 7: Listado de precios equipamiento red FTTH	51
Tabla 8: Listado de precios equipos Nodo Central.....	52
Tabla 9: Dispositivos de monitoreo y control.....	52

GLOSARIO

AC: Altern Current. Corriente Alterna.

ARDUINO: Es un dispositivo caracterizado por ser de reducido tamaño, con la capacidad de controlar algunos actuadores electrónicos con la capacidad de llevar a cabo una tarea sencilla, este dispositivo o también denominado microprocesador, adicional permite la inclusión de programas de software livianos para llevar a cabo las tareas especificadas por el desarrollador.

ATS: Automatic transfer switch. Interruptor de transferencia automática.

DC: Direct Current. Corriente Continua.

HFC: Híbrido de Fibra-Coaxial. Es la fibra óptica que se incorpora tanto como fibra óptica como cable coaxial para crear una red de banda ancha de fácil distribución.

FTTH: Fiber To The Home. Consiste en la implementación de cableado de fibra óptica y sistemas de distribución de servicios de internet.

IDU: Unidad interior componente del radio que provee el multiplexado, estado, alarmas y funciones de control

IOT: Internet of Things. La internet de las cosas define un conjunto de dispositivos usados para prestar una funcionalidad por medio de la interconectividad ofrecida por supuesto por el internet.

ISP: Internet Service Provider. Es el proveedor de servicios de internet, estos en un contexto colombiano se podrían dar como ejemplos Claro, ETB, Movistar, entre otros.

ODU: Unidad exterior componente del radio que contiene el modem

PTP: Point to Point. Es la interconexión entre dos puntos por los cuales se transmiten datos, internet, video y telefonía IP.

RADIOENLACE: Conexión entre dos puntos mediante ondas radioeléctricas

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones

PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE SMART CITIES EN LAS ZONAS RURALES DE BUENAVENTURA HACIENDO USO DE LOS COMPONENTES DE INDUSTRIA 4.0

RESUMEN EJECUTIVO

En muchas de las zonas rurales de Buenaventura, así como del resto de las zonas rurales del país, el acceso a internet representa una gran dificultad y llega a ser nula en algunos casos; las posibilidades que tienen las comunidades rurales para el acceso a la red se reducen en la mayoría de veces a una red de telefonía móvil, que en el mejor de los casos llega a ser 3G, pero con un alto porcentaje de saturación de la capacidad de servicio instalada y a unos costos bastante elevados; muchos de estos pueblos y veredas también hacen uso de conexión satelital, que si bien es bastante útil para lugares de muy difícil acceso, estas maneja velocidades muy limitadas y un costo de servicio bastante alto, dado su modo de operación y funcionamiento de los mismos.

Por lo anterior, la presente propuesta pretende diseñar y posteriormente simular un modelo de red de distribución de servicios de internet, que lleve conectividad desde la zona urbana de Buenaventura hacia la zona rural del Punta Bazán - La Bocana.

El sistema se alimentará con la red eléctrica comercial, sin embargo; contará con un sistema auxiliar de paneles solares y soporte de baterías para reducir el uso de energía comercial, y además añadir una alternativa de suministro eléctrico ante apagones por fallas y mantenimientos del proveedor.

Para su conexión troncal hacia el ISP se propone un radioenlace con capacidad instalada de un ancho de banda de hasta 300M, y una conexión de última milla hacia el cliente por medio de una red HFC, que podrá entregar un ancho de banda de 10M a los usuarios residenciales y de 100M a los usuarios institucionales (colegio, puesto de salud local, policía y sistema de seguridad rural).

La idea usará el concepto de Smart cities para monitorear algunas variables en la zona de cobertura de red, que permitan contribuir al desarrollo económico de la comunidad y a su seguridad rural; así como también, poder analizar parámetros de Calidad de servicio (QoS), con los que se puedan generar informes que sugieran acciones de mejora para entregar un servicio más acorde a la necesidad específica de los usuarios. Por otro lado, con dispositivos IOT se diseñará un prototipo de sistema de monitoreo y control de los equipos de infraestructura de red para la cabecera o nodo principal, que también pueda analizar variables de los elementos de la red para generar informes predictivos que puedan sugerir acciones correctivas y/o preventiva sobre dichos equipos, y de esta forma minimizar la ocurrencia de fallas que pongan en riesgo la disponibilidad de la red. Los sistemas de monitoreo, control y análisis mencionados se albergarán en un servidor remoto con acceso 24/7 desde internet.

INTRODUCCIÓN

Mejorar la calidad de vida de los colombianos es el objetivo que tiene el gobierno colombiano; de acuerdo con el informe entregado en 2018 por el departamento nacional de planeación se plantearon metas para el año 2030 las cuales tienen las ODS como su pilar principal; el fin de la pobreza, la educación de calidad, el trabajo decente y crecimiento económico, la industria, innovación e infraestructura y la reducción de la desigualdad son algunos de los retos del gobierno.

Durante y después de la pandemia de 2019, contar con servicio a internet se ha vuelto una necesidad básica en los hogares colombianos, ya que la población puede estudiar y trabajar desde su hogar, con ello también se abren oportunidades de acceso a estudios superiores, trabajos decentes y a la telemedicina. Sin duda el acceso a la internet en la actualidad hace parte de las necesidades básicas de la población y un requisito para el desarrollo humano, estudios demuestran que los índices de penetración de internet durante son directamente proporcionales con el desarrollo en los países del estudio, en el cual se demuestra que esto es indiferente de la zona de estudio, Norteamérica, Latinoamérica, África o Europa. (Rafie Pratama & Al-Shaikh, 2012) Es por tanto que el acceso a internet se puede considerar como un catalizador dentro de la sociedad permitiendo el mejoramiento de esta y una herramienta de igualdad.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y simular un modelo de red de distribución de servicios de internet para las zonas rurales de Buenaventura con conexión.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y simular radioenlace troncal para conexión de internet hacia el ISP.
- Diseñar y simular una red FTTH para distribución de servicios de internet en Punta Bazán.
- Diseñar y simular un sistema de monitoreo y control remoto de infraestructura para la cabecera con dispositivos IOT Arduino.
- Simular un servidor web de monitoreo y control de infraestructura y calidad de servicio que permita identificar los fallos de red y necesidad.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Cada persona al nacer cuenta con derechos como la educación, la salud, la igualdad y la calidad de vida, pero estos derechos se ven vulnerados principalmente en zonas rurales del territorio colombiano. Buenaventura fue catalogada por el ministerio del transporte como el principal puerto de comercio exterior del territorio (MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2020) pero esta zona del país tiene gran importancia no sólo por su puerto sino también por ser uno de los puntos claves en el territorio colombiano, toda vez que allí se encuentra una derivación de una línea submarina principal de internet; se podría considerar que estos privilegios con los que cuenta la región conllevan al mejoramiento de la calidad de vida de los residentes, pero según el informe de Calidad de vida realizado por Buenaventura cómo vamos, de la fundación Corona, deja ver la realidad de la población, donde en el año 2020 (mismo año en que se reconoce a Buenaventura por su puerto) la tasa de empleo es una de las más bajas en los últimos años y donde sólo el 13,2% de la población del litoral Pacífico cuenta con acceso a internet según la encuesta de calidad de vida del DANE.

“Buenaventura cómo vamos”, es una iniciativa que tiene como fin presentar un informe anual basado en datos de diferentes entes públicos. Para el año 2020 la tasa de cobertura en educación neta que presentó una disminución considerable de 1,7 puntos porcentuales en referencia al año anterior se presenta en la educación preescolar, estos datos muestran el acceso a la educación de los menores en las edades correspondientes, adicional a ello el nivel de bilingüismo en las zonas rurales de la región es nulo es decir los menores no cuentan con este beneficio, mientras que en las zonas urbanas sólo el 9% alcanza el nivel de B1, según el Objetivo 4 Educación de Calidad y el objetivo 10 Reducción de las desigualdades de la ODS (Objetivos de desarrollo sostenible), la educación es un factor clave en el desarrollo de una sociedad, ya que esta genera igualdad de oportunidades en una sociedad.

Según cifras del DANE, la tasa de empleo en la región es una de las más bajas en los últimos años pasando del 50,6% a 31,6% de ocupación formal, esta disminución de empleabilidad fomenta aún más la desigualdad y la baja calidad de vida de los pobladores de la región, adicional a ello la falta de oportunidades e igualdad producen sólo un 29,7% de emprendimientos en la región.

Es importante resaltar que en 2020 también se presentó una disminución del acceso a internet en la región del 6,5%, con lo cual se puede ver la amplia brecha de desigualdad que se sigue generando a pesar de ser una de las regiones claves en el desarrollo económico del país.

JUSTIFICACIÓN

El índice de penetración de internet describe del porcentaje de hogares en los cuales uno de sus integrantes cuenta con el acceso a internet, dicho índice para el año 2020 es de 66.5% para las grandes urbes, no obstante, para las zonas rurales es del 23.8% (Bnamericas, 2021) sin embargo, dicho índice para el departamento del choco en el mismo año es del 13.2% (Bloomberg, 2021) describiendo los desafíos que afronta esta región, esto a pesar de estar en una posición importante para la economía del país debido a la cercanía del puerto de Buenaventura y de su conexión con una de las derivaciones de una línea submarina principal proveedora de internet.

Con el ánimo de aportar al desarrollo de la región se quiere diseñar una ruta de infraestructura de cobertura de internet de las ciudades de Buenaventura, por medio de Radiomobile, un radio enlace punta Bazán y buenaventura para finalmente distribuir el servicio en los hogares por medio de híbrido de fibra coaxial, llegando a la última milla, se realiza de esta forma debido punta Bazán debido a su lejanía y ausencia del servicio. Este Diseño desea incorporar un aspecto sostenible con la inclusión de paneles solares usados en acople con los nodos ópticos los cuales requieren una fuente de energía suplementaria por medio de baterías las cuales serán alimentadas por medio de paneles solares, disminuyendo los costos asociados a la recarga manual y su mantenimiento. Adicionalmente se quiere plantear un sistema de monitoreo de los consumos de los usuarios así se puede generar un servicio que este acorde a las necesidades de estos.

Dicho desarrollo es motivado por todas las oportunidades que permiten el acceso a internet como la educación facilitando el acceso a la información hacia los estudiantes y por supuesto abriendo nuevos caminos de formación, no solo los dispuestos por la formación escolar, si no que adicionalmente los cursos dispuestos por el gobierno en las plataformas del ministerio de las TIC (Tecnologías de la información y las comunicaciones) o el ministerio de la educación, inclusive los cursos virtuales que de manera gratuita imparte el SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje) o inclusive varias universidades tanto nacionales como internacionales y así mismo tener ahora la oportunidad de obtener título universitario en la modalidad virtual.

Adicionalmente se tiene el desarrollo económico que a su vez desemboca en el mejoramiento del bienestar de la población y su infraestructura como por ejemplo para el turismo, generando mayor visibilidad de la región para la vista de los turistas y la inversión privada y posiblemente pública. Por supuesto también esto da cabida a otros desarrollos en el ámbito económico como lo son emprendimientos locales o la generación de otro tipo de productos y servicios.

Como podemos observar el acceso a internet ocasiona un efecto domino sobre la región inclusive con la inversión de capital a nivel de infraestructura que requeriría este proyecto mano de obra la cual genera empleos locales en su construcción, mantenimiento y mejoramiento disminuyendo los índices de desempleo.

Es por tanto que este proyecto adicionalmente promueve los siguientes objetivos de desarrollo sostenible de las naciones unidas (Naciones Unidas , 2015):

- Fin de la pobreza.

- Salud y Bienestar.
- Educación de Calidad.
- Industria, innovación e infraestructura.
- Reducción de las desigualdades.
- Ciudades y comunidades sostenibles.

Dándole por supuesto no solo un carácter de importancia nacional, si no que adicionalmente internacional, demostrando el compromiso nacional por los compromisos de las naciones unidades para el mejoramiento de la población.

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

ALCANCE

El proyecto contará con la simulación de una red punto a punto por medio de un radioenlace el cual se comunica desde la ciudad de Buenaventura hasta la isla de punta Bazán Bocana, por otra parte se realizará la simulación de la red FTTH en centros educativos, centros de salud, la alcaldía y la cobertura de un barrio de la zona; contará con la simulación y la configuración de la cabecera de los equipos necesarios para el funcionamiento de la red y por último la simulación en Arduino de un sensor de movimientos el cual emitirá una alerta cuando este se active.

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

A continuación, se describen las especificaciones, la intención de cada uno de los productos y los parámetros de diseño que se requieren para el desarrollo de la simulación del presente proyecto.

Req.	Descripción específica	Intención del producto	Parámetros de diseño
RADIOENLACE	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar necesidades en términos de capacidad del servicio a entregar en la cabecera y restricciones del enlace. - Validar políticas gubernamentales para el uso del espectro radioeléctrico. - Definir tecnología que más se ajuste a las necesidades del proyecto. - Diseñar radio enlace punto a punto. 	Transmitir señal de internet por medio de microondas desde el punto de origen en Buenaventura y que tendrá destino en Punta Bazán Bocana.	El radioenlace entregará 300Mbps a la troncal de destino en la isla de Punta Bazán Bocana, dado a que la distancia de este oscila entre los 18Km y los 20Km, la perdida de la emisión será menor.

<p style="text-align: center;">RED FTTH</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar necesidades en términos de capacidad del servicio a entregar en los usuario y restricciones del despliegue de la red. - Definir tecnología FTTH acorde a las necesidades de la red de distribución. - Diseño de red FTTH 	<p>Distribuir la señal generada por el radio enlaces en un punto recolector por medio de nodos ópticos, la cual es distribuida a los hogares de Punta Bazán y Bocana por medio de fibra óptica.</p>	<p>Debido a que la cabecera va a entregar una banda ancha 1 Gbps para los clientes corporativos y 10 Mbps para los clientes naturales según la documentación y las especificaciones del diseño expresado posteriormente en el documento, no se puede tener una atenuación superior de 28 dBm (Tinoco Alvear, 2011)</p>
<p style="text-align: center;">CONFIGURACION DE RED</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Definir topología de red -Establecer direccionamiento IP, VLANs, ALC, protocolos de seguridad de la red. - Establecer frecuencias, ancho de banda, potencia, azimut, elevación, polarización y demás detalles del radio enlace. -Definir y establecer configuración cliente. -Definir reusó de los servicios al cliente, establecer ancho de banda y potencia de transmisión en fibra óptica. 	<p>Entregar una capacidad especifica de servicio a los diferente a los usuarios de acuerdo con la necesidad de estos</p>	<p>Por definir</p>
<p style="text-align: center;">SIMULACIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Simulación de radio enlace punto a punto - Simulación red FTTH -Simulación de sistema de gestión y control Cabecera 	<p>Comprobar que los diseños funcionan de acuerdo con lo esperado.</p>	<p>No aplica</p>

NODO	<ul style="list-style-type: none"> -Definir los elementos de infraestructura que darán soporte a los equipos de red. - Definir el OLT (Optical Line Terminal) que multiplexa el servicio hacia los usuarios los servicios. 	<p>Albergar y soporta los equipos de Core que permite recibir a la capacidad entregar por un Carrier determinado y entregarla a los usuarios con unos parámetros específicos.</p>	<p>Por definir</p>
MONITOREO Y CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> -Definir las necesidades que requiere la gestión y control de esta área. -Definir los dispositivos IoT que suplan las necesidades identificadas 	<p>Tener un sistema que de forma remota permita validar el estado de nodo principal y controlar elementos sin necesidad de asistir físicamente al sitio.</p>	<p>Por definir</p>

Tabla 1: Especificaciones del Producto

Fuente: Elaboración propia con datos de diferentes fuentes referenciados al final del documento

MARCO DE REFERENCIA

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A lo largo del tiempo el ser humano a buscado la manera de mejorar la calidad de vida propia y en algunos casos, estas iniciativas han influido de forma positiva en la comunidad, es por ello que se hace evidente como los avances y aportes iniciales son tan importantes en el desarrollo de propuestas o iniciativas futura.

El estudio realizado por **CARLOS ANDRÉS VÁSQUEZ CAICEDO (2014)** de la Universidad Católica de Pereira – Colombia, por medio de su proyecto de grado “ANÁLISIS, DISEÑO, SIMULACIÓN Y PRESUPUESTO DE UN RADIOENLACE ENTRE DOSQUEBRADAS Y LAS ESCUELAS EL RINCÓN, LA COLONIA Y LAS DELICIAS”, realiza una simulación de un radioenlace, que tiene como objetivo la conectividad de algunas escuelas rurales del departamento de Risaralda. (Vásquez Caicedo, 2014)

El estudio realizado por **IVÁN DARÍO RAMÍREZ CRUZ (2021)** de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD en Medellín – Colombia, por medio de su proyecto de grado “ANÁLISIS DEL ACCESO A INTERNET EN ZONAS RURALES DEL MUNICIPIO DE MARINILLA PARA EL DESARROLLO DE UNA JORNADA DE ACTIVIDADES ACADÉMICAS DE LA ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA DE LA UNAD”, en el cual el autor resalta la importancia de la conectividad a internet en la educación, adicional a ello plantea una ruta de cobertura en el municipio de Marinilla – Antioquia. (Ramírez Cruz, 2021)

RADIOENLACE

El radioenlace es un sistema de comunicación inalámbrica la cual funciona por medio de microondas que son emitidas entre dos o más puntos por medio del cual se transmite información a kilómetros de distancia; los radioenlaces son esenciales en zonas de difícil acceso por medio de cables (Martínez, PRORED, 2017).

Equipos terminales:

Los equipos terminales son aquello que se encarga de la trasmisión de un punto a otro de la información; estos equipos deben ubicarse a una altura pertinente y sin obstáculos de vista, ya que estos ultimo pueden generar distorsión o pérdida total de la información emitida. (Twintelcom Toledo, s.f.)

Equipos Intermedios:

Estos equipos son los encargados de extraer y transformar la información recibida por las ondas emitidas. (Twintelcom Toledo, s.f.)

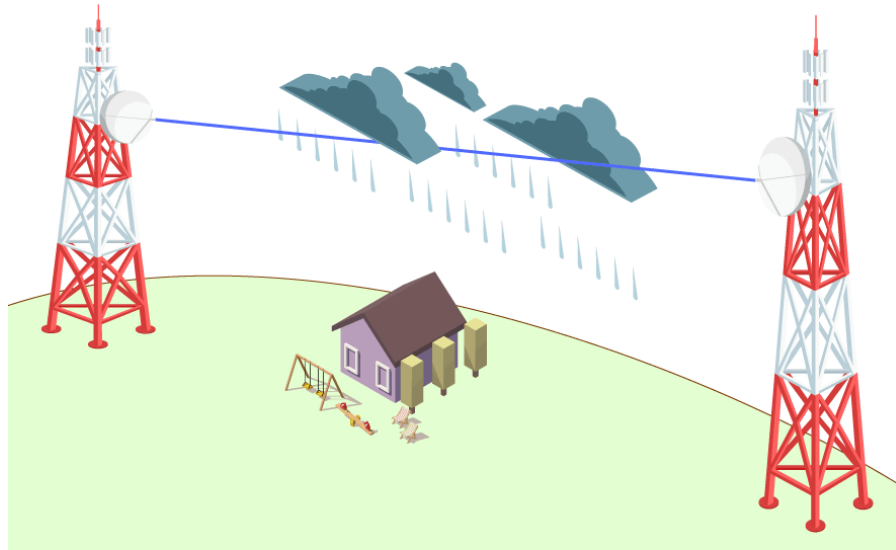


Ilustración 1: Radioenlace

Fuente: Recuperado de (Martínez, PRORED, 2017)

Zona de Fresnel:

La zona de Fresnel es un cálculo que se realiza en los radioenlaces y los cuales permite determinar la inferencia de la emisión de la onda entre los dos puntos, es decir si los obstáculos que se encuentran en medio de los dos puntos sobrepasan la zona 1 del cálculo de Fresnel, de ser así se debe aumentar la altura de las antenas teniendo en cuenta la reglamentación o adicionando en el medio un repetidor el cual permita capturar la información del origen y emitirla al destino. La zona de Fresnel cuenta con una tolerancia del 40%. Al momento de realizar la simulación del radioenlace, es posible conocer de antemano los obstáculos que se encuentran en medio de los dos puntos.

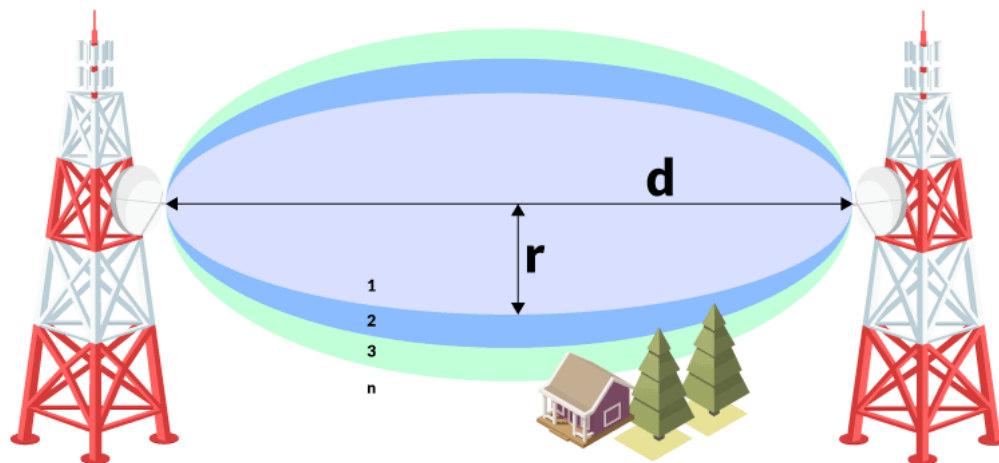


Ilustración 2: Zona de Fresnel

Fuente: Recuperado de (Martínez, PRORED, 2018)

Frecuencias:

El transmisor es la fuente principal desde donde será enviada la señal por medio de microondas las cuales deben estar configuradas con una potencia y una frecuencia acorde a lo establecido por el ANE (Agencia Nacional del Espectro), por la otra parte se encuentra el receptor, el cual se encarga de recibir las ondas transmitidas desde el transmisor; la configuración de la antena tanto transmisora como receptora deben encontrarse alineadas de tal forma que la captura de las ondas sea lo más eficiente posible. Los radioenlaces cobran gran importancia en zonas boscosas y alejadas de las ciudades o áreas metropolitanas las cuales por su naturaleza impiden el acceso de la información por medio de cables. (Martínez, PRORED, 2017)

La Agencia Nacional de Espectro (ANE - Agencia Nacional del Espectro, s.f.) informa sobre la frecuencia establecida para las emisiones de internet fijo, estas frecuencias se encuentran establecidas entre 5925 – 7125 MHz.

5925 - 6700 MHz	FIJO	FIJO POR SATÉLITE (Tierra – Espacio)		MÓVIL
6700 - 7075 MHz	FIJO	FIJO POR SATÉLITE (Espacio – Tierra)	FIJO POR SATÉLITE (Tierra – Espacio)	MÓVIL
7075 - 7145 MHz	FIJO		MÓVIL	

Tabla 2: Atribución del segmento de frecuencias de 5925 – 7125 MHz

Fuente: Recuperado de (ANE - Agencia Nacional del Espectro, s.f.)

Antena:

Las antenas son un dispositivo que tiene como función emitir y/o recibir señales por medio de ondas electromagnéticas, las cuales viajan por medio del espacio libre. Las antenas cumplen con una gran labor principalmente en zonas alejadas, donde es imposible emitir señales por medio de cables, por lo general se presenta en lugares donde se existe inestabilidad del terreno o en zonas boscosas. (BISMARCK, 2020).

Actualmente existen diferentes tipos de antenas, las cuales han sido diseñadas para cumplir una necesidad en particular, sin embargo todas las antenas cuentan con unas características propias y son la parte más importante de estas. Las características de las antenas son:

Ganancia: La ganancia de la antena hace referencia a la energía y al área que abarca la señal que es capaz de emitir la antena; la parte que más se valora en la elección de una antena es su ganancia y la forma de radiación de esta, ya que existen diferentes formas de emisión y la elección de esta depende de la necesidad actual.

dBi o decibelios: Los decibelios son la unidad con lo cual se mide la ganancia de la antena.

Espectro Radioeléctrico: El espectro es el medio por el cual se transmiten las ondas.

Polarización: La polarización hace referencia a la orientación en que son emitidas las ondas.

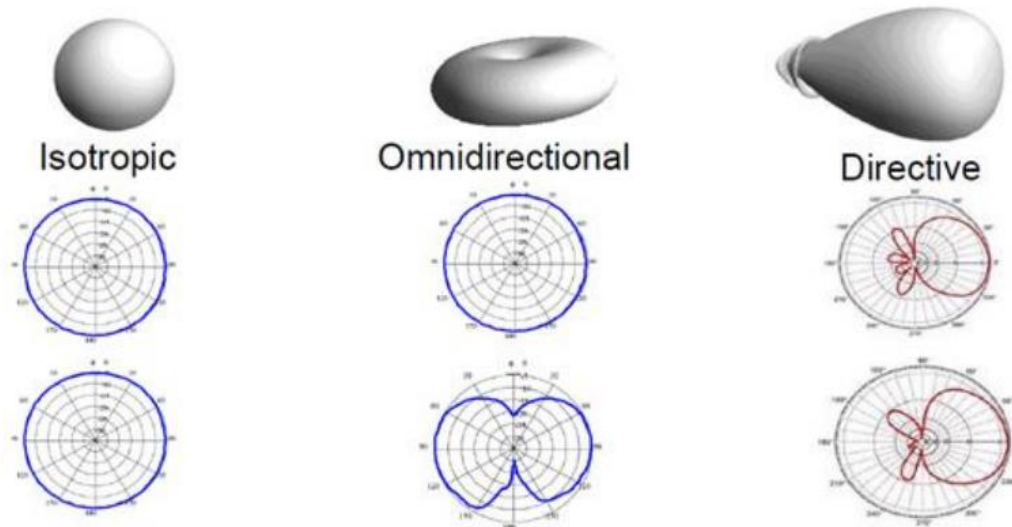


Ilustración 3: Ganancia de Radiación de las Antenas
 Fuente: Recuperado de (El Bouchti, 2016)

En la imagen se ve con claridad los tipos de polarización que una antena puede tener, seleccionar una u otra antena con una polarización específica depende únicamente de la necesidad que se requiera.

Para el caso del radioenlace entre Buenaventura y Punta Bazán Bocana, se requiere una antena que cuente con una polarización direccional tanto en la antena emisora como en la antena receptora.

Tipo de antenas

Actualmente existen diferentes tipos de antenas y de acuerdo a la necesidad que se tenga, se hace la selección de una u otra.

Antena Yagi: esta antena cuenta con una polarización direccional, su ganancia depende de la cantidad de elementos con que esta cuenta.

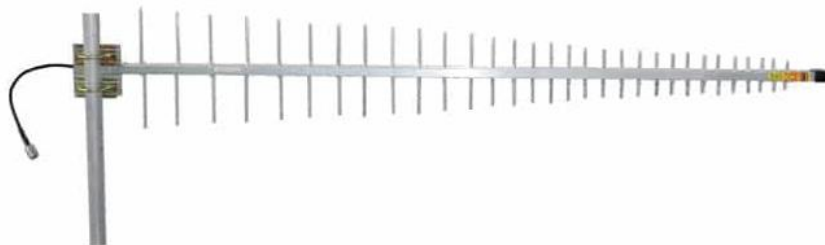


Ilustración 4: Antena Yagi
 Fuente: Recuperado de (BISMARCK, 2020)

Antena Panel: Esta antena cuenta con una polarización direccional, es una de las antenas más comunes en los servicios de Televisión y de radio.



Ilustración 5: Antena Panel

Fuente: Recuperado de (BISMARK, 2020)

Antena Parabólica: Las antenas parabólicas son las antenas más utilizadas no sólo para emisión, sino también para su recepción, pues su forma parabólica permite que las ondas reboten en su estructura y sean capturadas por la antena. (Electrónica FP, 2019)

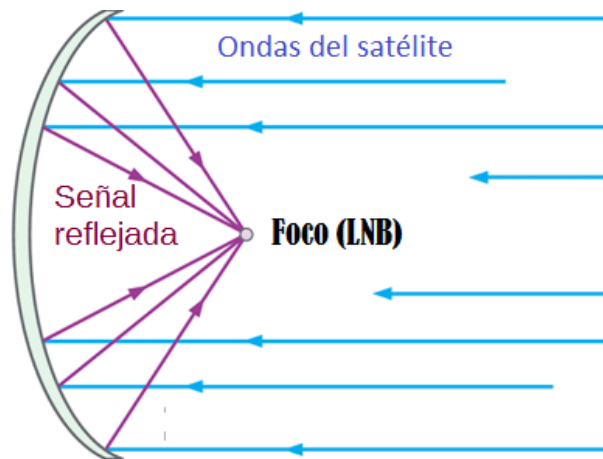


Ilustración 6: Antena Parabólica

Fuente: Recuperado de (Tecnología Informatica)

Enlace Punto a Punto:

El enlace punto a punto es aquel que cuenta con un solo emisor y receptor. La antena debe contar con una polarización en preferencia direccional. (Martínez, PRORED, 2017)

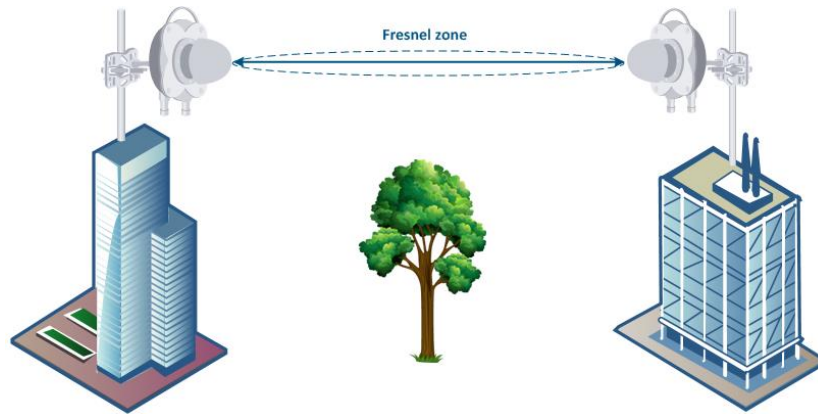


Ilustración 7: Radioenlace Punto a Punto
Fuente: Recuperado de (Anvimur, s.f.)

Enlace Punto a Multipunto:

Este tipo de radio enlace cuenta con un único punto central, el cual se encarga de emitir las microondas en diferentes direcciones, permitiendo así llegar a más puntos. (TECOAR S.A., s.f.)

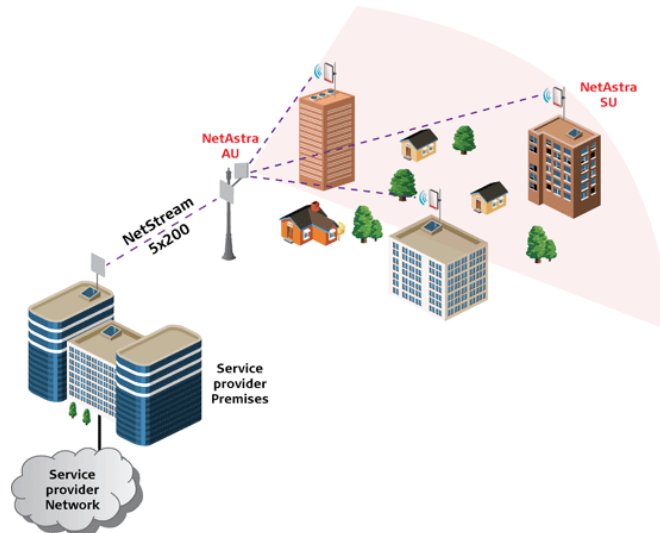


Ilustración 8: Enlace Punto a Multipunto
Fuente: Recuperado de (Netronics-Networks, s.f.)

REDES

Hibrido de fibra coaxial (HFC)

Este tipo de infraestructura se basa en la combinación de dos medios de transmisión de información utilizando primero la fibra óptica, la cual es una forma de transmisión que permite establecer conexiones de alta calidad y ancho de banda durante bastas longitudes de conexión. Por último, utiliza también la fibra coaxial la cual la calidad de la señal que entrega solo se mantiene por longitudes de conexión bajas, la manipulación y distribución de este tipo de señal es más sencilla. Por supuesto la señal transmitida entre estas metodologías respectivamente es óptica a análoga.

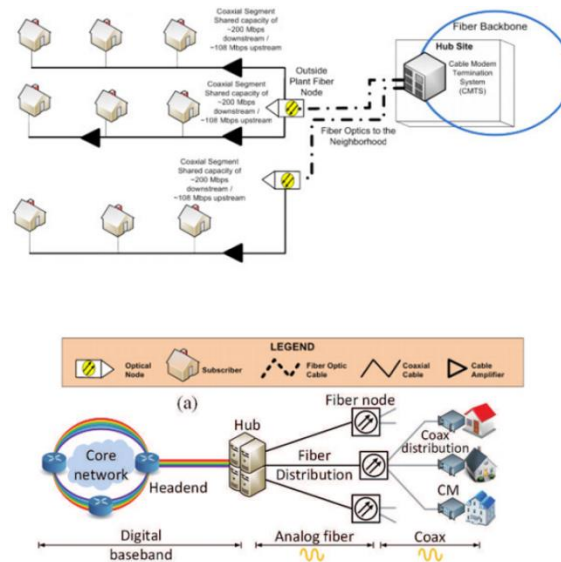


Ilustración 9: Infraestructura de una red HFC.

Fuente: Recuperado de (Tarluz Quality & Service, 2020)

De manera general se sabe que esta arquitectura se usa bajo una base construida en fibra óptica en centrales situadas en la ciudad, en forma de anillos de distribución alrededor de la misma ciudad, donde dicha configuración de hilos se ramifica en centrales y que a su vez se ramifica en nodos ópticos para la distribución ya a nivel de barrios por medio de la conexión de dichos nodos ya por medio de cableado coaxial a los usuarios finales.

Nodo Central (HEADEND) y Red de Distribución

La función principal de la Nodo central es albergar la OLT y ODF y proporcionar la alimentación necesaria. A veces podría incluso incluir algunos (o todos) de los componentes de core. Para

Como se ha mencionado para la red distribución se plantea una red GPON FTTH

Componentes de GPON FTTH Red de Acceso

Una red óptica pasiva (PON) es una red punto a multipunto, fibra óptica compartida a las instalaciones de arquitectura de red en qué divisores ópticos sin alimentación se utilizan para habilitar una solo fibra óptica para dar servicio a varias instalaciones, normalmente 64–128.

Optical Line Terminal (OLT)

El Optical Line Terminal (OLT) es el elemento principal de la red y generalmente se coloca en el Nodo Central y es el motor que impulsa el sistema FTTH. Las funciones más importantes que realiza OLT son la programación del tráfico, control de búfer y asignación de ancho de banda. Típicamente, los OLT funcionan con alimentación de CC redundante (-48 V CC) y tienen al menos al menos 1 tarjeta de línea para Internet entrante, 1 tarjeta de sistema para la configuración integrada y de 1 a muchas tarjetas GPON. Cada GPON La tarjeta consta de una serie de puertos GPON.

Optical Splitters

El Optical Splitters divide la potencia de la señal, lo que quiere decir que cada uno de los enlaces (fibra) que ingresa al divisor puede dividirse en un determinado número de fibras que salen del divisor y generalmente hay tres o más niveles de fibras correspondientes a dos o más niveles de divisores. Esto permite que muchos usuarios compartan cada fibra.

Optical Network Terminal (ONT)

Los Optical Network Terminal (ONT) están desplegados en las instalaciones del cliente. Los ONT están conectados al OLT por medios de fibra óptica y no hay elementos activos presentes en el enlace. (Mahmoud M. Al-Quzwini College of Engineering, Al-Nahrain University, Baghdad, Iraq, 2014)

GPON FTTH ACCESS NETWORK ARCHITECTURE

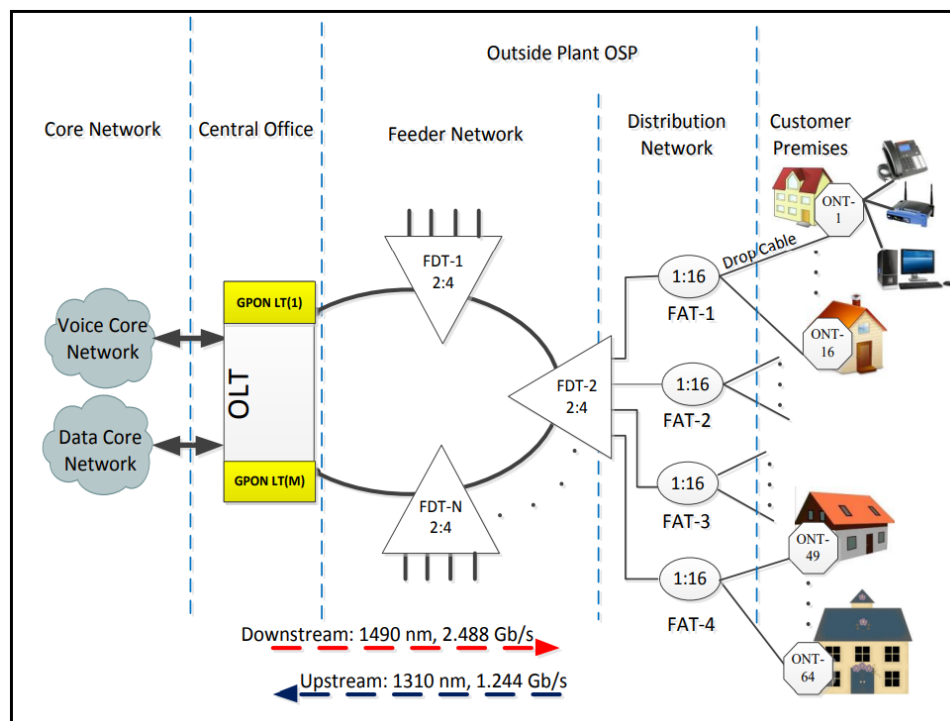


Ilustración 10: Architecture of GPON FTTH Network

Fuente: Recuperado de (Irving, 2020)

Red FTTH

Al igual que la red HFC la red FTTH (Fiber to the home) tiene como objetivo transmitir las señales de red al usuario final, sin embargo, esta infraestructura no utiliza cableado coaxial, si no continúa utilizando fibra óptica, permitiendo la entrega de velocidad de ancho de banda muy superiores y por distancias más elevadas de las que puede entregar una red HFC, sin embargo, los implementos utilizados son más específicos y requieren una manipulación más cuidadosa.

Este tipo de infraestructura óptica tiene varias subdivisiones a nivel de arquitectura, sin embargo, el más usados es el PON (Passive Optical Network) el cual describe la distribución de la conexión por medio de instrumentos pasivos, uno de ellos y el más usado son los splitters, los cuales toman una línea de conexión y la distribuyen en varias.

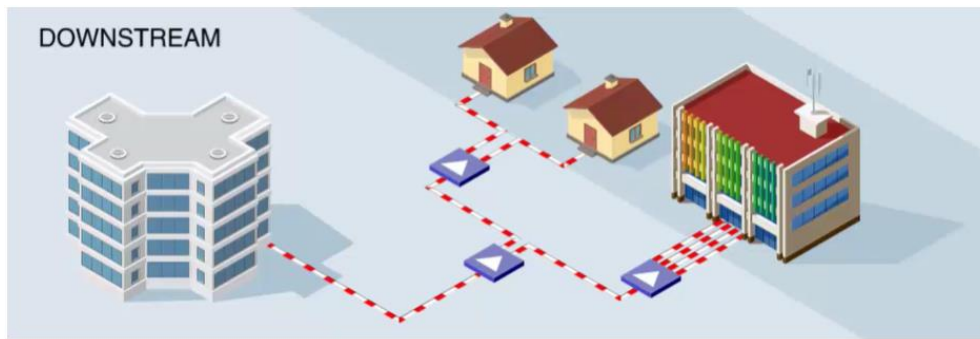


Ilustración 11: Arquitectura FTTH GPON representada de manera práctica.

Fuente: Recuperado de (*Promax, 2019*)

Atenuación

La atenuación es un concepto muy usado para el diseño de redes, ya que esta es una restricción en el mundo físico de las telecomunicaciones, este concepto menciona la pérdida de la señal en su medio de transmisión por medio de pérdidas de energía como el calentamiento del material, la resistividad causada también por este, entre otros. La potencia de una señal es cuantificada por medio de la unidad decibelio (dB) donde la caída de dicha unidad comunica la pérdida de la señal conducida. La principal forma de cuantificar dicha atenuación es por medio de la atenuación realizada por el cableado de conexión y sus instrumentos como uniones o distribuidores.

El cálculo de las atenuaciones es una sumatoria de las pérdidas generadas por los instrumentos utilizados durante la transmisión de las señales, donde primero se toma la pérdida asociada al cable que suele ser el producto de la longitud del cableado usado por el parámetro de atenuación reportado por el fabricante para las especificaciones del cable, adicionalmente se toman las pérdidas también reportadas por los fabricantes para los splitters, uniones y demás usados en la línea de conexión hasta el usuario final.

MONITOREO Y CONTROL DEL NODO CENTRAL CON DISPOSITIVOS IoT ARDUINO

La función de este sistema es permitir el monitoreo y control remoto de equipos de infraestructura industrial que alberga el nodo central y que brindan soporte a los equipos de core:

Elementos y equipos:

- ✓ Red Eléctrica Comercial
- ✓ ATS (Automatic Transfer Switch)
- ✓ UPS
- ✓ Rectificadores
- ✓ Generador
- ✓ Paneles solares
- ✓ Sistemas contra incendio
- ✓ Control de acceso
- ✓ Aire acondicionado

Variables:

1. Temperatura
2. Humedad.
3. Voltaje AC&DC
4. Corriente AC&DC
5. Nivel de Combustible
6. Puerta abierta

Las placas, dispositivos y sensores IoT Arduino, son la herramienta que se usara para el monitoreo de las variables y control de elementos.

Arduino

Arduino es una plataforma de microcontroladores de código abierto y fácil uso para la creación de proyectos electrónicos.

Las placas Arduino permiten conectar dispositivos electrónicos a través de sus pines para que pueda controlar cosas, por ejemplo, encender y apagar luces o motores o detectar cosas como la luz y la temperatura.

Arduino IDE 1.8.19

El software Arduino de código abierto (IDE) facilita la escritura de código y la carga en la placa. Este software se puede utilizar con cualquier placa Arduino.

Internet de las cosas, dispositivos Arduino

El Internet de las cosas (IoT), es el concepto de que cada vez más dispositivos se conectarán a Internet. Eso no solo significa más y más computadoras que usan navegadores, sino dispositivos reales y tecnología portátil. Esto incluye todo tipo de automatización del hogar, desde iluminación y electrodomésticos inteligentes, hasta sistemas de seguridad e incluso comederos para mascotas operados por Internet, así como muchos proyectos menos prácticos pero divertidos.

Para el desarrollo de aplicaciones IoT con Arduino se requiere la interfaz de red puede tener la forma de una conexión Ethernet por cable o una conexión WiFi.

Este proyecto usa la tarjeta de conexión WiFi ESP8266:

ESP8266.



Ilustración 12:ESP8266

Fuente: Recuperado de (HardwareLibre, s.f.)

El ESP8266 es un SoC (System on Chip), con capacidades de 2.4 GHz Wi-Fi (802.11 b / g / n, soporte WPA / WPA2), 16 GPIO de propósito general (entrada / salida), I²C, convertidor analógico-digital (ADC de 10 bits), SPI, PS, UART y modulación de ancho de pulso (PWM), emplea un CPU RISC de 32 bits basado en el Tensilica Xtensa LX106 funcionando a 80 MHz (o overclocked a 160 MHz). Tiene una memoria ROM de inicio de 64 KB, memoria RAM de instrucciones de 64 KB y 96 KB de RAM de datos. Memoria flash externa de 4MB pero este último varía entre diferentes versiones de modulo.

Arduino Uno



Ilustración 13: Arduino Uno

Fuente: Recuperado de (ARDUINO.cl, s.f.)

Arduino Uno es una placa de microcontrolador basada en ATmega328P (hoja de datos). Tiene 14 pines de entrada/salida digital (de los cuales 6 pueden usarse como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz (CSTCE16M0V53-R0), una conexión USB, un conector de alimentación, un cabezal ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario

para soportar el microcontrolador; simplemente conéctelo a una computadora con un cable USB o enciéndalo con un adaptador de CA a CC o una batería para comenzar. Puede jugar con su Uno sin preocuparse demasiado por hacer algo mal, en el peor de los casos puede reemplazar el chip por unos pocos dólares y empezar de nuevo.

Fritzing.

Fritzing es un programa libre de automatización de diseño electrónico que busca ayudar a diseñadores y artistas para que puedan pasar de prototipos (usando, por ejemplo, placas de pruebas) a productos finales.

Desde la versión 0.9.10, Fritzing dispone de un simulador básico de circuitos que se encuentra en fase experimental 1. La versión 0.9.10 solo proporciona análisis de circuitos en corriente continua. El principal objetivo del simulador es enseñar electrónica a principiantes y permite simular tanto en la vista de placa de prototipado como en la vista de diagramas eléctricos. Además, comprueba que los componentes están funcionando dentro de su rango de operación (en caso contrario, un símbolo de humo aparece sobre los componentes). El simulador dispone de multímetros para medir voltajes, corrientes y resistencias e intenta replicar lo que un estudiante vería en una sesión de laboratorio.

Sensor de presión diferencial MPX5010DP.



Ilustración 14: Sensor de presión diferencial MPX5010DP
Fuente: Recuperado de (DYNAMO ELECTRONICS, s.f.)

El sensor de presión diferencial MPX5010DP entrega en su salida un voltaje de 0v – 5v ideal para microcontroladores.

El transductor piezo-resistivo de la serie MPX5010 es un sensor de presión de silicio monolítico de última generación diseñado para una amplia gama de aplicaciones, pero particularmente aquellas que emplean un microcontrolador o microprocesador con entradas ADC. Este transductor patentado de elemento único combina técnicas avanzadas de micro maquinado, metalización de película delgada y procesamiento bipolar para proporcionar una señal de salida analógica precisa y de alto nivel que sea proporcional a la presión aplicada.

MPX5010 puede medir una presión de 10 kPa y MPX5100 puede medir una presión de 100 kPa (14,5 psi).

$$P = \frac{V_{out} - 0,04V_s \pm Tol}{0,09V_s}$$

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

LEGALES

Dentro de las restricciones legales para la implementación del presente proyecto se debe tener en cuenta:

- **Construcción:** En la instalación de cualquier infraestructura de telecomunicaciones (radioenlace y el tendido de la red FTTH), la alcaldía de Buenaventura establece en el decreto 1516 de 2017, que toda obra debe contar con autorización, permiso o viabilidad ya sea para terrenos de área privada, este documento se tramita ante la alcaldía y se debe contar con los planos de la construcción y el terreno en el cual se realizará la obra, para las construcciones en áreas públicas se debe solicitar la licencia de intervención y ocupación del espacio el cual es otorgado por la Alcaldía. (Alcaldía Distrital de Buenaventura, 2017)
- **Altura de las torres:** Para la instalación de la altura de las torres se debe contar con el permiso otorgado por la Aeronáutica Civil quien es el ente regulador, lo anterior ya que la altura de las torres de no contar con la altura permitida puede interferir en el flujo aéreo. (Alcaldía Distrital de Buenaventura, 2017).
- **Frecuencias:** En la actualidad la ANE cuenta con frecuencias libres, las cuales pueden ser utilizadas por cualquier persona del territorio. Solo las frecuencias que son de uso libre pueden ser utilizadas por alguien más lo que los hace más susceptibles a interferencias, de manera que se debe solicitar el permiso ante la Agencia Nacional de Espectro, quien es el ente regulador de las frecuencias en Colombia. (Alcaldía Distrital de Buenaventura, 2017).

AMBIENTALES

Sólo en el caso donde la instalación de la infraestructura comprometa zonas catalogadas por el SINAP como zona de protección ambiental y del suelo, se deberá solicitar un nuevo permiso ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, esto en cumplimiento con el decreto 1076 de 2015. (Alcaldía Distrital de Buenaventura, 2017).

SALUD Y SEGURIDAD

La Agencia Nacional de Espectro, en el anexo técnico de la normativa, establece el cálculo máximo de exposición de los radioeléctricos en una población, estos valores son calculado de acuerdo con la cantidad de población de la zona, la altura de la antena y la distancia del radioenlace donde se instalará la infraestructura. Es de recordar que aquellos proveedores que excedan los valores estipulados serán sancionados. (ANE - Agencia Nacional de Espectro, s.f.). La radiación no Ionizante (Espectros de baja frecuencia), son monitoreadas por el ANE, puesto a que una alta exposición de estos campos es perjudicial para la salud de la población. (ANE - Agencia Nacional de Espectro, s.f.).

METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN Y DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

Luego de analizar la necesidad que actualmente se presenta en la Isla de Punta Bazán Bocana, se procede con el desarrollo de la solución, la cual consta de la simulación de una red que tiene origen en Buenaventura y destino en la Isla de Punta Bazán Bocana, adicional a ello se realizará la distribución de la red por tierra hasta llegar a la última milla. La simulación contará con:

RADIOENLACE

El radioenlace será el encargado de transmitir la red de internet desde Buenaventura hasta la Isla de Punta Bazán Bocana, el radioenlace es la forma más sencilla y práctica de llevar internet a zonas apartadas y que se encuentran en condiciones boscosas. Es por esta razón que la simulación contará con un Radioenlace como fuente principal de acceso al internet.

Para evitar deficiencias en la transmisión de la señal, es importante la realización de mantenimientos preventivos, puesto a que el Radioenlace cuenta con equipos que se encuentran expuestos a los cambios ambientales, adicional de garantizar un buen funcionamiento, también se alarga la vida útil de los equipos. (ET - Mantenimiento Radioenlaces Digitales, 2021).

1. Mantenimiento

Los componentes de la Antena que se encuentran expuestos son los primeros en sufrir contratiempos pese a la humedad de la zona. Es por ello, que se deben planificar Mantenimientos de Prevención y/o Corrección a fin de evitar fallas en el servicio prestado a la comunidad. El mantenimiento de un radioenlace consta de:

- Revisión, limpieza y cambio si es necesario de los equipos ODU
- Verificación de la torre donde se encuentra la antena del enlace
- La revisión de pintura de la torre hace parte del mantenimiento preventivo

- Revisión, limpieza y cambio si es necesario de los equipos IDU

2. Implementación

De acuerdo con el alcance del presente proyecto, sólo llegaremos hasta la simulación del radioenlace entre Buenaventura y Punta Bazán Bocana, pero se quiere hacer hincapié en que la implementación de este tipo de proyecto cuenta con el apoyo de la Alcaldía, puesto a que gracias a proyectos de este estilo se aumenta la igualdad de condiciones en la zona.

La implementación de un radioenlace es una de las más sencillas, puesto a que esta no requiere la realización de grandes obras, por otra parte la implementación de infraestructura tecnológica se encuentra acogida por la Alcaldía Distrital de Buenaventura, quien prioriza estas implementaciones principalmente en zonas alejadas de la ciudad y zonas vulnerables, ya que con ello se busca promover el acceso eficiente y la igualdad de oportunidades en toda la población conforme a los numerales 2 y 8 de la ley 1341 de 2009 donde.

“2.Promover el acceso a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, teniendo como fin último el servicio universal.

8.Promover la ampliación de la cobertura del servicio.” (CONGRESO DE COLOMBIA, 2009)

3. Equipos

Torre Autosoportada: Para la implementación del radioenlace es necesario contar con una torre Autosoportada en el origen Buenaventura y en el destino Punta Bazán Bocana; para el caso de Buenaventura la Torre debe contar con una altura de 40 Metros y para Punta Bazán Bocana de 30 Metros. La altura de la torre fue determinada a partir de la simulación realizada en radiomobile.



Ilustración 15. Torre Autosoportada

Fuente: Recuperado de (TELORAM, s.f.)

Antena Parabólica PTP: Se requiere de dos antenas, las cuales serán las encargadas de la transmisión y recepción de la señal. La antena que fue seleccionada es una de las antenas que cuenta con mayor ganancia y soporta vientos hasta de 200Km/h, dada las condiciones ambientales de la zona, esta antena es una de las más indicadas.

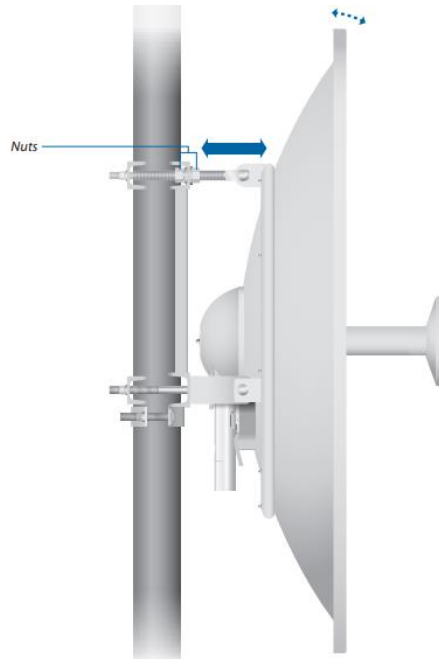


Ilustración 16: Antena Direccional PTP

Fuente: Recuperado de (UBIQUITI NETWORKS, s.f.)

RocketDish RD-5G34	
Dimensions	1050 x 1050 x 421 mm
Weight	13.5 kg (Mount Included)
Frequency	5.1 - 5.8 GHz
Gain	34 dBi
HPOL Beamwidth	3° (3 dB)
VPOL Beamwidth	3° (6 dB)
Front-to-Back Ratio	-42 dB
Max. VSWR	1.4:1
Wind Survivability	125 mph
Wind Loading	400 lb @ 125 mph
Polarization	Dual Linear
Cross-Pol Isolation	35 dB Min.
ETSI Specification	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount, RocketM Bracket, and Weatherproof RF Jumpers Included

Ilustración 17: Especificaciones Antena

Fuente: Recuperado de (UBIQUITI NETWORKS, s.f.)

ODU: El ODU es la parte más importante de una antena, puesto a que esta es la que se encarga de emitir y/o receptionar la señal. En la selección del ODU se debe tener en cuenta las frecuencias de la antena, ya que todos los sistemas deben ser coherentes. Es por ello que se seleccionó un ODU que trabaja en las frecuencias de 5GHz . El ODU se ubica en la parte trasera de la antena.



Ilustración 18: ODU

Fuente: Recuperado de (UBIQUITI NETWORKS, s.f.)

rocket M5

M5				
Dimensions	160 x 80 x 30 mm (6.30 x 3.15 x 1.18")			
Weight	500 g (1.1 lb)			
Power Supply	24V, 1A PoE Adapter			
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)			
Max. Power Consumption	8W			
Processor	MIPS 74Kc			
Memory	128 MB SDRAM, 8 MB Flash			
Networking Interface	(1) 10/100 Mbps			
RF Connections	(2) RP-SMA (Waterproof)			
LEDs	Power, Ethernet, (4) Signal Strength			
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic			
ESD/EMP Protection	± 24KV Air / Contact			
Operating Temperature	-30 to 75° C (-22 to 167° F)			
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing			
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4			
Wireless Approvals	FCC, IC, CE			
RoHS Compliance	Yes			
Modes	Access Point, Station			
Services	Web Server, SNMP, SSH Server, Telnet, Ping Watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing			
Utilities	Antenna Alignment Tool, Discovery Utility, Site Survey, Ping, Traceroute, Speed Test			
Distance Adjustment	Dynamic Ack and Ackless Mode			
Power Adjustment	Software Adjustable UI or CL			
Security	WPA2 AES Only			
QoS	Supports Packet Level Classification WMM and User Customer Level: High/Medium/Low			
Statistical Reporting	Up Time, Packet Errors, Data Rates, Wireless Distance, Ethernet Link Rate			
Other	Remote Reset Support, Software Enabled/Disabled, VLAN Support, 64QAM, 5/8/10/20/30/40 MHz Channel Width Support			
Ubiquiti Specific Features	airMAX Mode, Traffic Shaping with Burst Support, Discovery Protocol, Frequency Band Offset, Ackless Mode			
M5 Operating Frequency (MHz)				
Worldwide	5150 - 5875			
USA	U-NII-1	U-NII-2A	U-NII-2C	U-NII-3
	5150 - 5250*	5250 - 5350*	5470 - 5725*	5725 - 5850*
IC	5470 - 5600, 5650 - 5725, 5725 - 5850			

Ilustración 19: Especificaciones ODU

Fuente: Recuperado de (UBIQUITI NETWORKS, s.f.)

IDU: El IDU que se encuentra en el origen, es el que se encarga de emitir las señales y enviarla al ODU, para el caso del destino el IDU es el encargado de recibir las señales recibidas por el ODU. Para el proyecto se seleccionó un RouterBoard.



Ilustración 20: IDU

Fuente: Recuperado de (SYSCOM COLOMBIA, s.f.)

Specifications	
Product code	RB750Gr3
CPU nominal frequency	880 MHz
CPU core count	2
Size of RAM	256 MB
10/100/1000 Ethernet ports	5
PoE in	Yes
Supported input voltage	8 - 30 V
PCB temperature monitor	Yes
Voltage Monitor	Yes
USB	Yes, type A 2.0
Hardware encryption	Yes
Dude server package support	Yes
Dimensions	113x89x28mm
License level	4
Operating System	RouterOS
CPU	MT7621A
Max Power consumption	5 W

Ilustración 21: Especificaciones IDU

Fuente: Recuperado de (SYSCOM COLOMBIA, s.f.)

RED FTTH

Se realiza la selección de la arquitectura a nivel por medio de la revisión bibliográfica (Burton, 2019) donde se divide el análisis en la observación de los siguientes puntos:

1. Mantenimiento

La instalación de las redes HFC si bien es más sencilla que la de FTTH, la manera en que esta es realizada hace que los diferentes instrumentos estén altamente expuestos a las

interacciones ambientales de los lugares de instalación, diferente a las conexiones de FTTH que requieren un sumo detalle y hermeticidad debido a los componentes ópticos de las mismo, esto en consecuencia terminar en que las instalaciones HFC requieren mucho más mantenimiento que las redes FTTH.

2. Dificultad de implementación

La implementación de la red FTTP es en esencia la misma, ya que ambas requieren una cabecera montada en fibra óptica, sin embargo, debido a las limitaciones que tiene el cable coaxial, la distribución de la conexión es mucho mejor ya que la red FTTH permite trasportar más rápido y mayor cantidad de información, por supuesto la implementación de las redes de FTTH al manejar fibra óptica requiere un poco más cuidado para asegurar el correcto estado de las conexiones y el cableado, sin embargo asegurado esto, dichas redes pueden entregar un mejor servicio.

Es por tanto que la selección de la solución se convierte en este caso en el diseño de la red FTTH a lo largo del casco rural de Punta Bazán y Bocana debido al balance de los pros y contras que esta representa para el proyecto.

MONITOREO Y CONTROL DEL NODO CENTRAL CON DISPOSITIVOS IoT ARDUINO.

El concepto para la solución del sistema de monitoreo y control se emite a partir de la revisión bibliográfica (Simon Monk, 2016), de donde se desprende el siguiente análisis:

1. Mantenimiento

El mantenimiento de sistema de monitoreo con Arduino en su parte física, consiste en una limpieza básica y ajuste de conexiones y en su parte lógica pasa por un versionamiento del software de gestión en pro de mejorar temas de visualización, velocidad de respuesta y añadir funciones u opciones que inicialmente no han sido consideradas, de manera que tanto el hardware como el software debe ser escalable para permitir la adición de nuevas funciones que surjan posterior a la puesta en operación del sistema.

2. Dificultad de implementación

Arduino brinda una plataforma física y de software de uso libre, bastante flexible y que cuenta con bastante documentación en internet y en la base de datos de la universidad, la idea consiste en integrad una serie de aplicaciones Arduino que nos permitan validar y controlar diferente variables y elementos ya mencionados; la implementación debe ser progresiva donde se instale y se prueben sistemas por separado y luego probar en conjunto.

ANALISIS DE RESULTADOS

DISEÑO RADIOENLACE

La simulación del radioenlace tiene como origen Buenaventura en las coordenadas Latitud $03^{\circ}53'14,9''N$ y Longitud $-77^{\circ}04'06,6''O$ y con origen en la Isla de Punta Bazán Bocana en las coordenadas Latitud $03^{\circ}50'03,9''N$ y Longitud $-77^{\circ}10'55,1''O$. La simulación del radioenlace se realizó por medio de la aplicación radiomobile.

Para tener precisión en la simulación del radioenlace, se tuvo en cuenta las características de la antena y del ODU seleccionados.



Ilustración 22: Simulación Radioenlace

Fuente: Elaboración propia desde Radiomobile

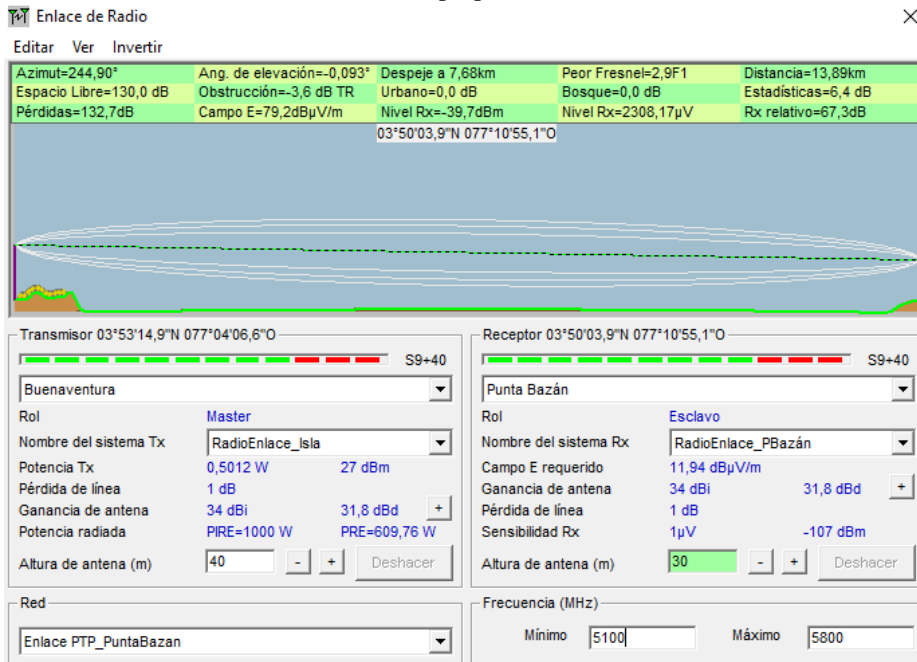


Ilustración 23: Detalle Simulación Radioenlace

Fuente: Elaboración propia desde Radiomobile

DISEÑO RED FTTH

Para el diseño de esta red para la población, se va a utilizar una configuración FTTH GPON la cual se basa como se mencionó anteriormente en el documento, en la distribución de la señal desde una central o nodo óptico por medio de instrumentos pasivos. Para el diseño de este tipo de redes se tienen que realizar una serie de estudios como son las demandas de información, ancho de banda de la información a disponer, entre otros, por tanto, como se desea realizar un diseño preliminar y no detallado, dicho diseño se va a basar en heurísticas y especificaciones de diseño de organizaciones internacionales del campo.

Para empezar el diseño se debe establecer el cable usado para la distribución de la señal dada una arquitectura general, dicha arquitectura se va a basar en la arquitectura de splitters distribuidos, el cual es una de las más usadas debido a su sencillas y ahorro en materiales, principalmente en lo que es fibra, por supuesto esto trae como consecuencia, que esta arquitectura es a la que más atenuaciones debe enfrentar, sin embargo debido a que las longitudes de cobertura para lo que es punta Bazán no superan los 10 kilómetros, esta arquitectura es recomendada. (SYSCOM, 2020)

El primer paso para el diseño de esta red es la selección y contabilización de hilos, esta selección se va a realizar tomando en cuenta la especificación ITU-T G.984.2 “*Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Physical media dependent (PMD) layer specification*” que nos permite establecerla mejor fibra para nuestras necesidades (ITU, 2019)

Según esta documentación es remendable trabajar con una configuración de dos fibras (downstream y upstream) donde estas fibras deben trabajar para longitudes de onda de 1260-1360 nm, con estos datos adicionalmente con las restricciones de ancho de banda del proyecto de entregar 1Gb/s para los clientes empresariales y 10 Mb/s para los hogares, nos permite establecer si las fibras ópticas para estas longitudes de onda son compatibles. (Tinoco Alvear, 2011)

Table 2b – Optical interface parameters of 1 244 Mbit/s downstream direction

Items	Unit	Single fibre			Dual fibre		
		A	B	C	A	B	C
OLT transmitter (optical interface O_u)							
Nominal bit rate	Mbit/s	1 244.16			1 244.16		
Operating wavelength	nm	1 480-1 500			1 260-1 360		
Line code	–	Scrambled NRZ			Scrambled NRZ		
Mask of the transmitter eye diagram	–	Figure 2			Figure 2		
Maximum reflectance of equipment, measured at transmitter wavelength	dB	NA			NA		
Minimum optical return loss (ORL) of ODN at O _u and O _d (Notes 1 and 2)	dB	more than 32			more than 32		
ODN Class		A	B	C	A	B	C
Mean launched power MIN	dBm	-4	+1	+5	-4	+1	+5
Mean launched power MAX	dBm	+1	+6	+9	+1	+6	+9
Launched optical power without input to the transmitter	dBm	NA			NA		
Extinction ratio	dB	more than 10			more than 10		
Tolerance to the transmitter incident light power	dB	more than -15			more than -15		

Table 2c – Optical interface parameters of 622 Mbit/s upstream direction

Items	Unit	Single fibre			Dual fibre		
		A	B	C	A	B	C
ONU transmitter (optical interface O_s)							
Nominal bit rate	Mbit/s	622.08			622.08		
Operating wavelength (Note 5)	nm	MLM type 1 or SLM: 1 260-1 360			MLM type 1 or SLM: 1 260-1 360		
		MLM type 2: 1 280-1 350			MLM type 2: 1 280-1 350		
		MLM type 3: 1 288-1 338			MLM type 3: 1 288-1 338		
		Scrambled NRZ			Scrambled NRZ		
Line code	–	Scrambled NRZ			Scrambled NRZ		
Mask of the transmitter eye diagram	–	Figure 3			Figure 3		
Maximum reflectance of equipment, measured at transmitter wavelength	dB	less than -6			less than -6		
Minimum ORL of ODN at O _s and O _d (Notes 1 and 2)	dB	more than 32			more than 32		
ODN Class		A	B	C	A	B	C
Mean launched power MIN	dBm	-6	-1	-1	-6	-1	-1
Mean launched power MAX	dBm	-1	+4	+4	-1	+4	+4
Launched optical power without input to the transmitter	dBm	less than Min sensitivity -10			less than Min sensitivity -10		
Maximum Tx enable (Note 3)	bits	8			8		
Maximum Tx disable (Note 3)	bits	8			8		
Extinction ratio	dB	more than 10			more than 10		
Tolerance to transmitter incident light power	dB	more than -15			more than -15		

Tabla 3: Compatibilidad de la fibra para el rango de 1260 y 1360 nm de longitud de onda para subida y bajada respectivamente. Fuente: Recuperado de (ITU, 2019).

Dada la tabla anterior se observa que para la fibra de longitudes de onda de 1260 y 1360 nm se tiene una capacidad para recibir 1244 Mb/s y enviar 622 Mb/s permitiéndonos cumplir con la

especificación de diseño de 1 Gb/s para los clientes empresariales, el cual era la cota superior para el servicio.

Ya con la selección de la fibra, se debe realizar la obtención de atenuación por recorrido de fibra y los elementos de distribución pasivos, los cuales son splitters (divisores) y empalmes:

- Para la fibra la atenuación registrada para longitudes de onda de 1360 nm es de 1.5 dB/Km. (VIAVI Solutions , 2020)
- Para los distribuidores, este valor varía según la relación del divisor:

Relación de Divisor	Atenuación (dB)
1:2	3.6
1:4	7.2
1:8	11
1:16	14
1:32	17.5

Tabla 4: Atenuación para los Splitters de Fibra Óptica.

Fuente: Elaborado con datos base de (Tinoco Alvear, 2011).

- Empalmes
Según la literatura, los empalmes de unión mecánica en fibra tienen una atenuación de 0.2 dB y 0.04 dB si son empalmes de fusión. (Tinoco Alvear, 2011)

Con estos datos ya se puede realizar un diseño de muestra, sin embargo, se debe ser muy claro que dicho diseño se basa en la construcción de la red con base a heurísticas y no es un diseño riguroso. Esto debido a que para este tipo de diseños se requiere un conocimiento exhaustivo de la topografía y demografía de la región, así como su demanda en información, lo cual no permitiría avanzar en los tiempos establecidos para este proyecto.

El diseño de la Red FTTH se basa en el estudio de las atenuaciones bajo el requisito o heurística que para este tipo de red tener 30 dBm de atenuación es lo máximo para el tipo de fibra y servicio a diseñar (ITU, 2019) sin embargo, debido a que se está asumiendo muchas variables al utilizar heurísticas, se va a reducir el margen de atenuación permitida.

El trazado inicial por donde van a circular la red FTTH es el siguiente:

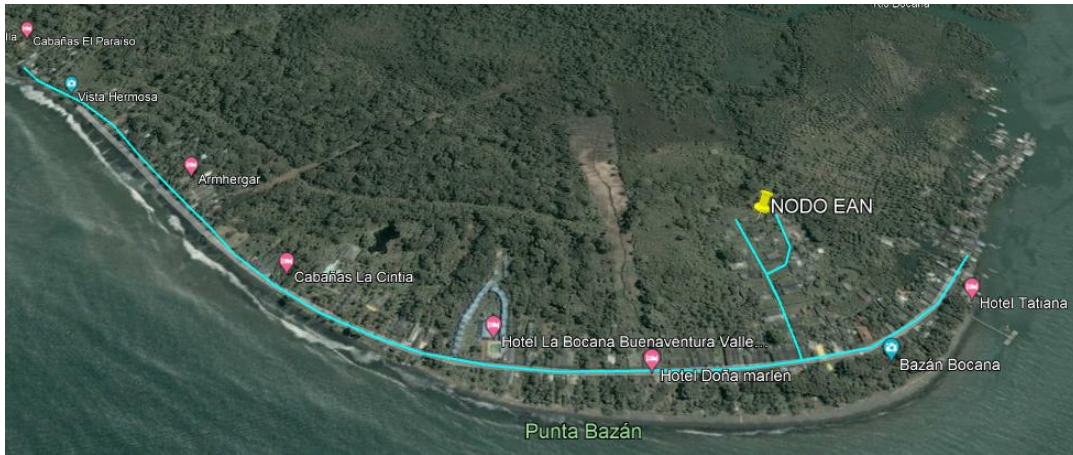


Ilustración 24: Trazado inicial Red FTTH.

Fuente: Elaboración Propia con Google Earth.

Ya con este trazado, se puede realizar el levantamiento de postes que nos permiten, establecer por donde va a pasar la red y los hogares incluidos, este levantamiento tiene que por reglamentación no se puede colocar poste por más de 45 metros de distancia.

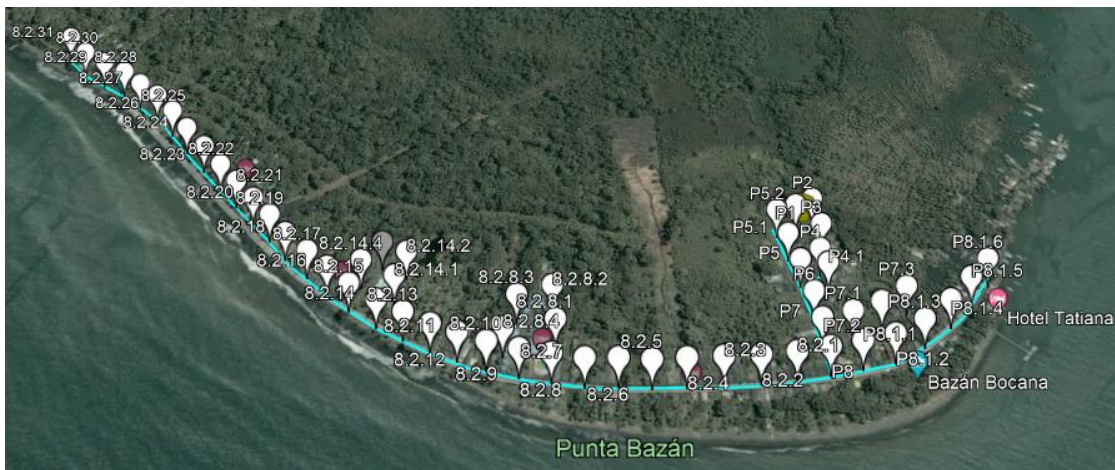


Ilustración 25: Levantamiento Postes del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia con Google Earth.

Ya con este levantamiento de postes, se puede empezar a realizar el diseño como tal, donde debidos diseños previos que involucran un hilo de salida para toda la red, se tiene la inviabilidad del proyecto debido a que menos del 50% del sector, cumpliría con atenuaciones menores a 28 dBm, por tanto, se decide usar una OTN el cual permite distribuir mejor las conexiones y permitiendo tener más conexiones de salida por parte del nodo. Es por tanto que se va a dividir el área en 6 sectores.



Ilustración 26: Sectorización de la red FTTH.
 Fuente: Elaboración Propia con Google Earth.

En estos 6 sectores se tiene la siguiente arquitectura simplificada del sistema.

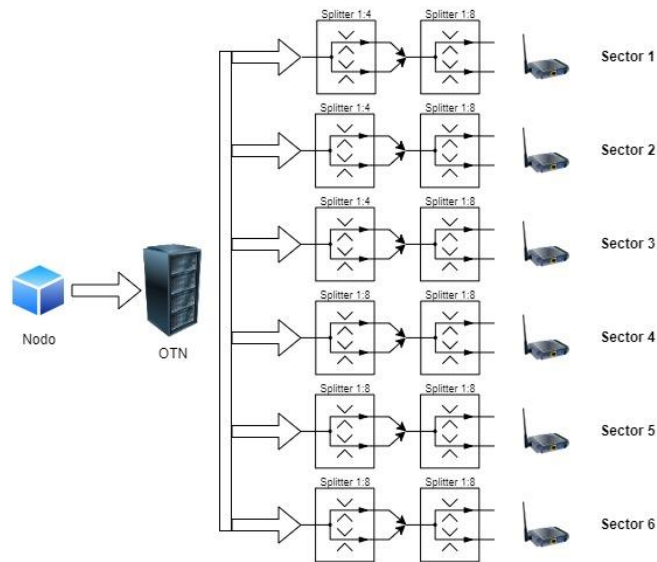


Ilustración 27: Arquitectura Simplificada de la red FTTH.
 Fuente: Elaboración Propia desde Draw.io

Ya observando la viabilidad a priori de la arquitectura simplificada, se empieza a realizar el diseño contabilizando las atenuaciones, incluyendo las longitudes de fibra y la suma de atenuación por cada uno de los dispositivos pasivos. A continuación, se observa la distribución de los dispositivos a lo largo de la red. En su totalidad los dispositivos pasivos fueron Splitter de relación 1:4 y 1:8.



Ilustración 28. distribución de los Splitter a lo largo de la red FTTH.
Fuente: Elaboración Propia con Google Earth.

Se comparte los cálculos realizados para las atenuaciones:



AtenuacionFTTH.xls
x

Las conclusiones del diseño de la red son que se deben tener 3 Splitter 1:4, 39 splitters 1:8 y 4.5 kilómetros de fibra óptica, adicionalmente bajo este diseño se tiene que la línea con mayor atenuación de 24.36 dBm cumpliendo la especificación.

SIMULACIÓN INTEGRADA FINAL



Ilustración 29: Radioenlace y Red FTTH
Fuente: Elaboración propia desde Google Earth

NODO CENTRAL

El nodo central alberga los equipos indoor de red que reciben el canal troncal de comunicaciones y lo entrega multiplexado a la red externa para la distribución al cliente. Estos equipos básicamente están conformados por: modem del radioenlace, enrutador y ONT o OTL.

A estos equipos también se suman la infraestructura de soporte eléctrico los cuales son: Generador eléctrico, transferencia automática, rectificador, aire acondicionado sistema de iluminación.

DISEÑO DE MONITOREO Y CONTROL

El monitoreo y control se realizará sobre algunos dispositivos y elementos de infraestructura que nos permiten que garanticen la estabilidad y operatividad de la red como son:

- Control de acceso (puertas).
- Temperatura y humedad.
- Nivel de combustible
- Voltaje AC

Para el diseño y simulación del sistema de monitoreo se hará uso de la herramienta Fritzing, Tinkercar y Arduino IoT Cloud y Como ya se ha dicho se usarán dispositivos IoT de Arduino en conjunto con diferentes sensores para detectar los cambios en las variables del sistema.

Control De Acceso.

El control de acceso nos permite determinar si alguien ha ingresado al Shelter y tiene acceso a los equipos de red o se ha dejado la puerta abierta.

Para el diseño y simulación de esta parte se hace uso de un interruptor magnético conectado al pin 4 del Arduino uno como se ve en el siguiente esquemático:

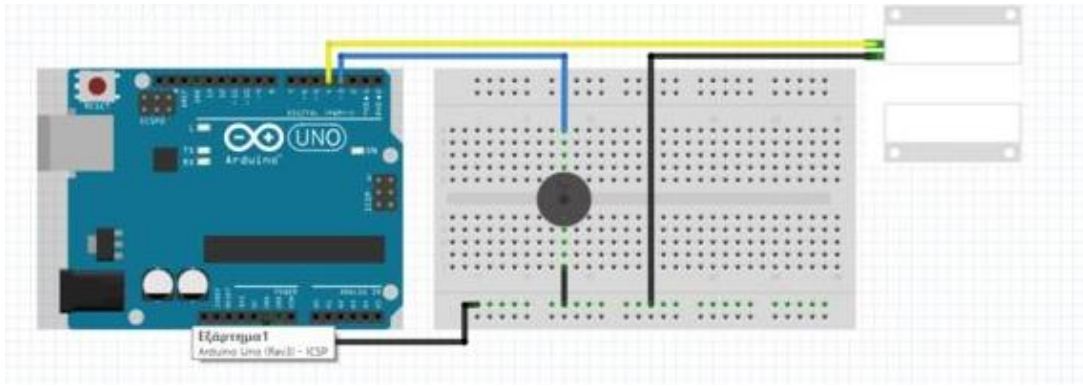


Ilustración 30: Sensor Magnético de Puerta
Fuente: Recuperado de (Forum Arduino, 2018)

Temperatura Y Humedad.

Los equipos de telecomunicaciones son susceptibles a afectación en su funcionamiento por exposición a altas temperaturas, así como también la exposición a la humedad genera deterioro en los equipos electrónicos; de allí la importancia del monitoreo de estas variables.

Para monitorear la temperatura y humedad del nodo se hace uso del sensor DHT11 conectado al pin 2 del Arduino uno como se ve en el siguiente diagrama:

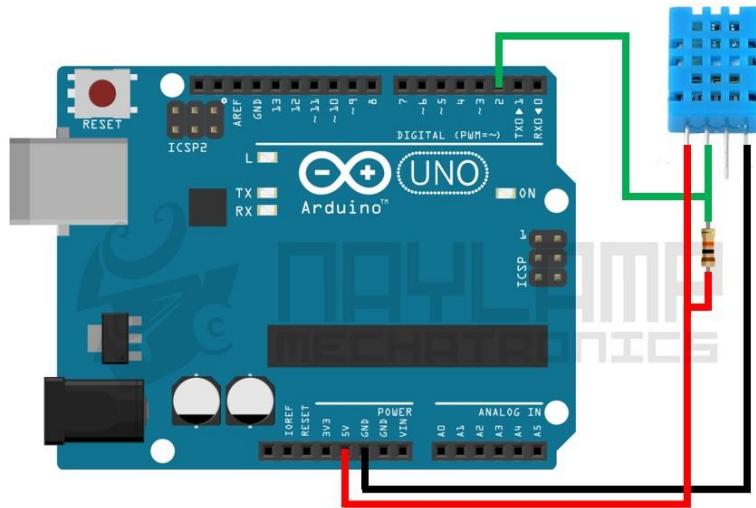


Ilustración 31: Sensor de Temperatura y Humedad
Fuente: Recuperado de (Naylamp Mechatronics, s.f.)

Nivel De Combustible.

El nivel de combustible es un parámetro importante que nos ayuda a determinar el tiempo de autonomía eléctrica que tiene el nodo central ante una ausencia de energía comercial, por ende, este se relaciona indirectamente con la disponibilidad del servicio.

Para el monitoreo del nivel de combustible se usará el sensor de presión diferencial MPX5010DP conectado al pin analógico A0 del Arduino UNO y energizado a 5VDC como se ve en el siguiente diagrama esquemático:

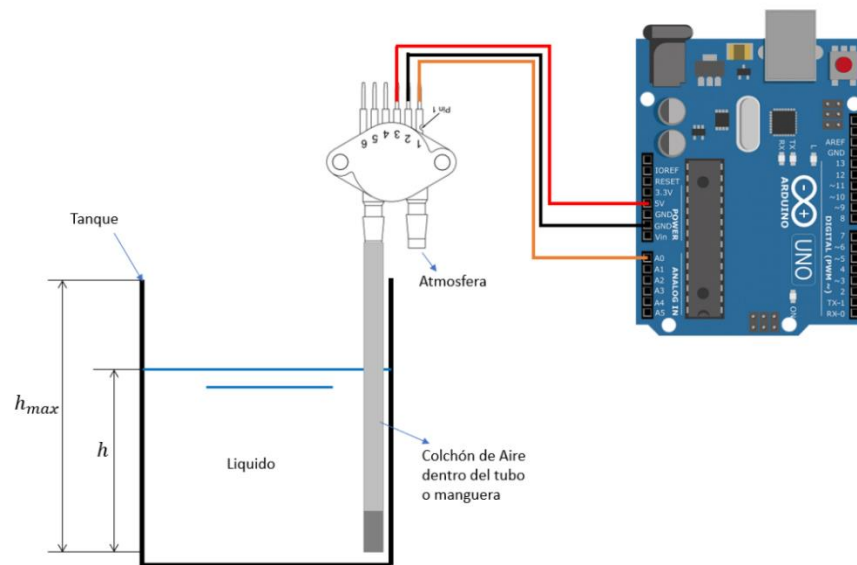


Ilustración 32: Sensor de Nivel de presión Hidrostática

Fuente: Recuperado de (Control Automatico Educacion, s.f.)

Sensor Voltaje AC.

Revisar constantemente el estado de la red eléctrica es fundamental para garantizar la operatividad del nodo, dado que es desde donde se toma la energía para la alimentación de los equipos y sin una fuente de energía toda la operación de viene abajo.

Para revisar el estado del suministro eléctrico se usará el sensor de voltaje AC ZMPT101B conectado al pin analógico A1 como se muestra en el siguiente diagrama esquemático:

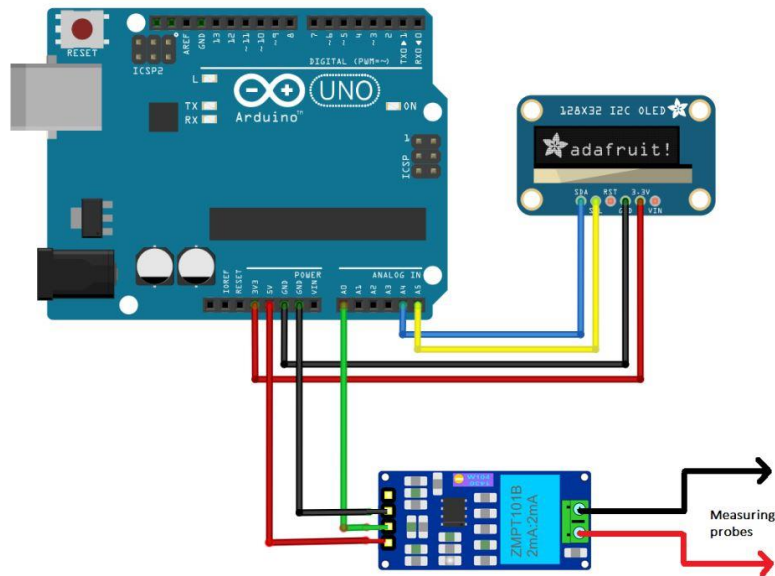


Ilustración 33: Arduino, Voltaje AC

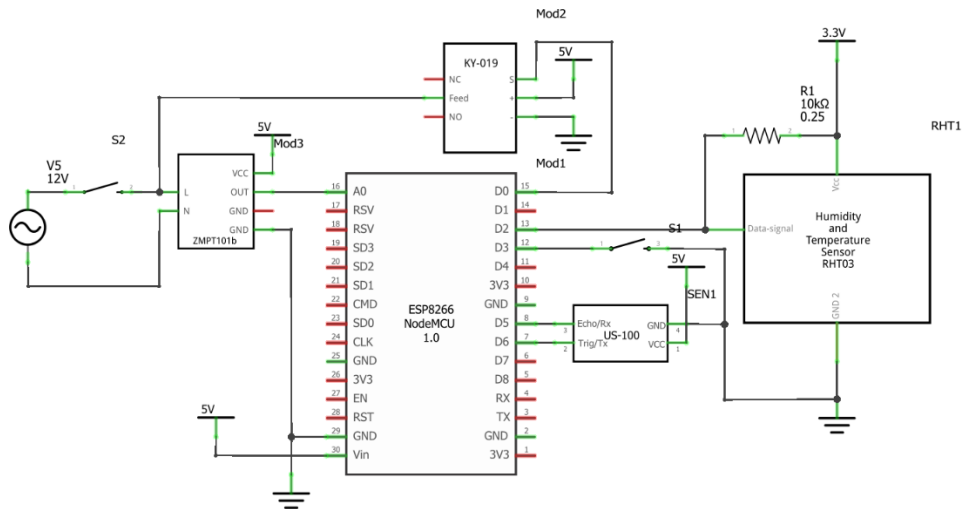
Fuente: Recuperado de (SOLO ELECTRONICOS.COM, 2021)

SIMULACIÓN SISTEMA DE MONITOREO COMPLETO, INTEGRADO CON ESP8266.

El sistema consta de un dispositivo ESP8266, como elemento central y algunos sensores y relays, para monitorear y controlar variables relevantes al funcionamiento de un nodo central de comunicaciones.

Sensor de temperatura y humedad DHT11 permite monitoria la temperatura en grados centígrados del sitio, lo que es de gran importancia dado que los equipos electrónicos y en especial de telecomunicaciones tienen un límite de temperatura que pueden soportar, cuando supera este límite, la CPU generalmente se reinicia, lo que por ende atenta contra la continuidad del servicio; así mismo, mantener la humedad por debajo del 60% ayuda a conservar la integridad de los circuitos, que pueden llegar a corroerse o a entrar en cortocircuito. El sensor de voltaje ZMPT101B, permite monitorear que los equipos estén energizados todo el tiempo; dicho de otra forma, que el sitio este operativo. El sensor de ultrasonido HC-SR04, es usado para monitorear el nivel de un fluido en un tanque que, para el caso de un nodo o cabecera, mide el nivel de combustible de los moto-generadores, que usualmente se encuentran en estos sistemas para soportar los cortes de energía comercial. Con el Sensor magnético genérico se puede detectar la apertura de una puerta. Por último, se tienen un par de relays (control para cerradura magnética).

A continuación, tenemos el esquemático del circuito



fritzing

Ilustración 34. Diagrama esquemático Sistema de monitoreo

Fuente: Elaboración propia desde Fritzing

El siguiente corresponde a un montaje físico de los elementos siguiendo el diagrama esquemático.

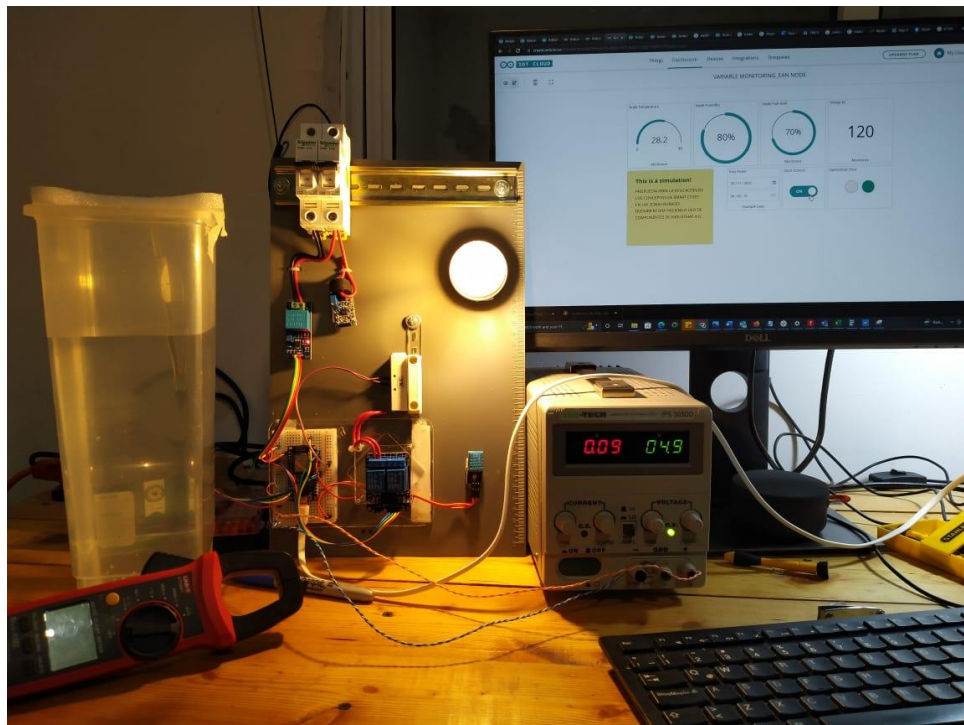


Ilustración 35. Circuito físico

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se deja un enlace al video de la simulación: <https://youtu.be/cvGX7HuveNw>

A continuación, se muestra la simulación en Arduino IoT Cloud:

La siguiente imagen permite mostrar el estado de las variables y el estado del voltaje AC de la red eléctrica simulando un corte de energía.

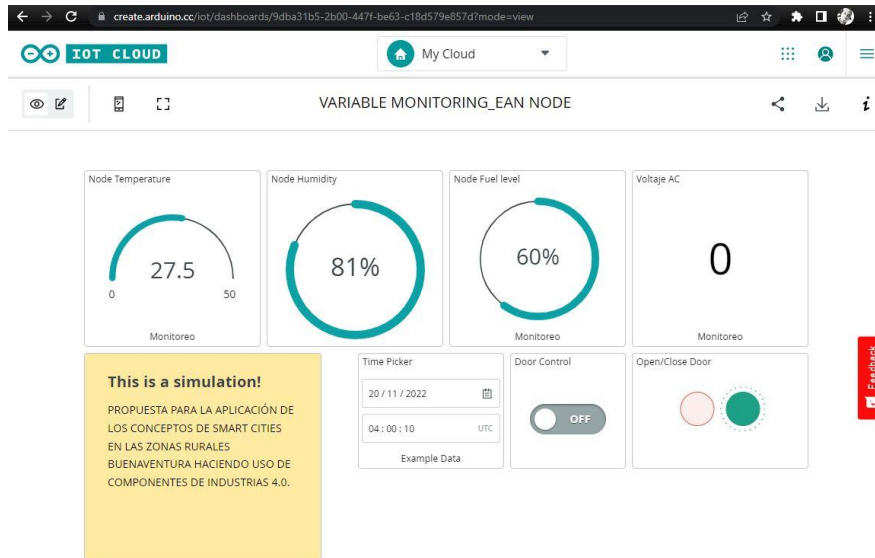


Ilustración 36. Monitoreo

Fuente: Elaboración propia desde Arduino IoT Cloud

En la siguiente imagen se ven las mismas variables, pero con la red AC reestablecida, midiendo entre 108 y 120VAC.

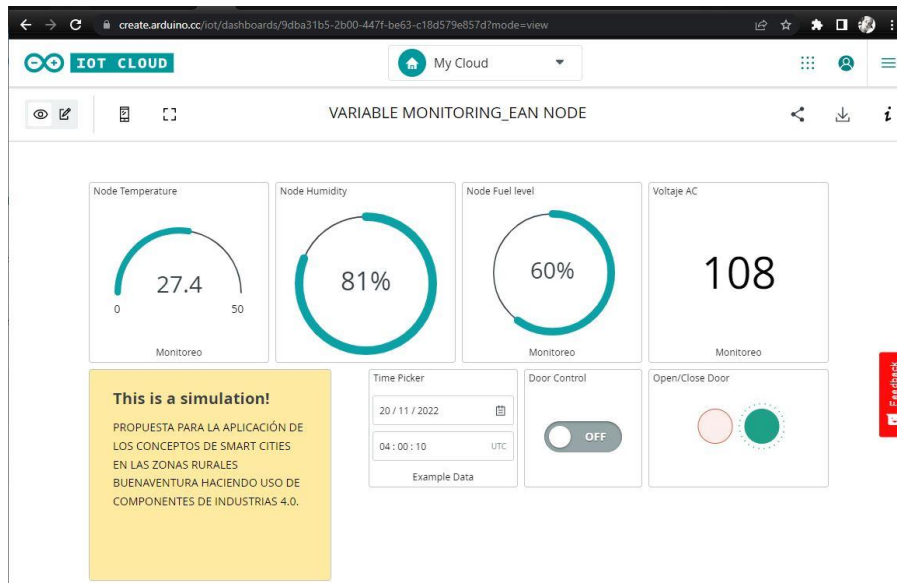


Ilustración 37. Monitoreo

Fuente: Elaboración propia desde Arduino IoT Cloud

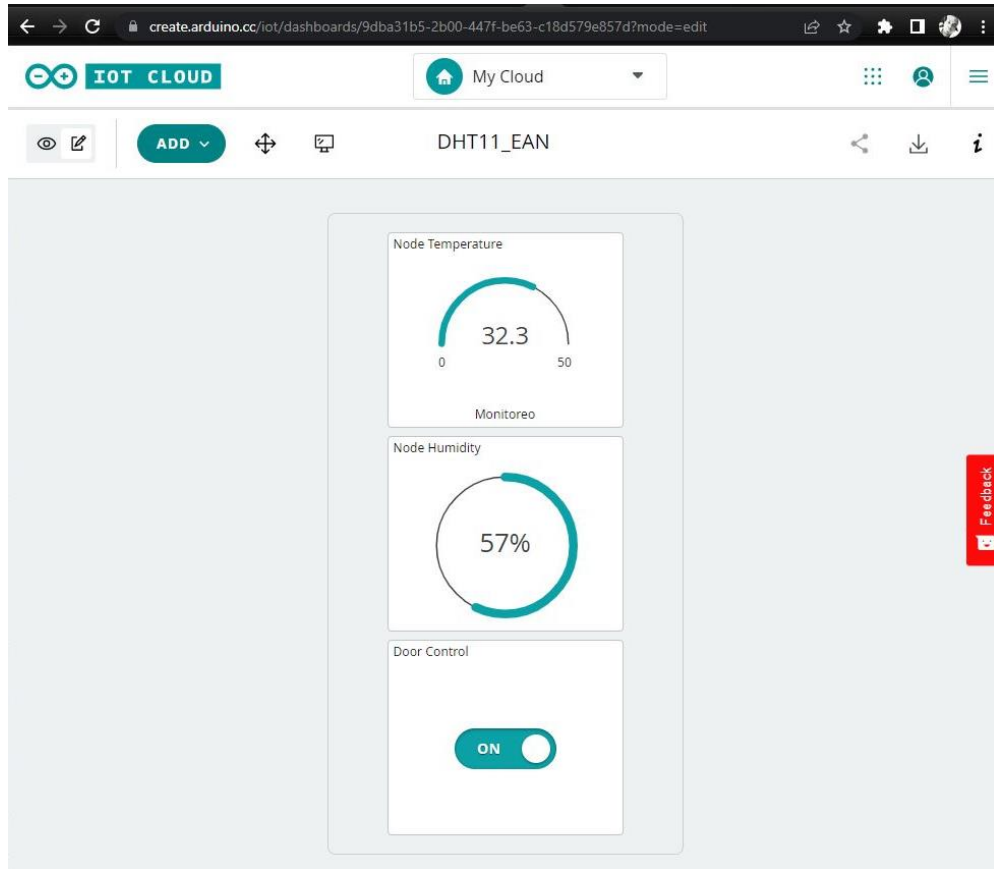


Ilustración 38. Monitoreo, vista celular

Fuente: Elaboración propia desde Arduino IoT Cloud

Se inserta el archivo del código:



CodeSistemaMonitoreo.txt

SIMULACIÓN DE LA RED GENERAL

Para realizar la simulación de la infraestructura diseñada se contempló el uso de los softwares GNS3 y Cisco Packet Tracer los cuales permiten generar simulaciones en infraestructuras de intercomunicación, GNS3 es el software más acertado al montar una simulación debido a que este trabaja con dispositivos específicos, esto significa que no solo simula un comportamiento general del dispositivo, adicionalmente permite simular dispositivos específicos según el fabricante y la referencia, permitiendo establecer tanto comportamientos generales como específicos dados al especificidad de los dispositivos conectados, lo cual si bien se quiere representar una infraestructura lo mejor posible GNS3 se convierte en la herramienta perfecta, sin embargo el detalle que requiere la vuelve también una herramienta sin flexibilidad, lo cual para el proyecto fue el factor principal para selección Cisco Packet tracer, Debido a la cantidad

de información solicitada por el software de GNS3, el tipo de infraestructura para la red FTTH no se encontraba disponible en el inventario del programa, imposibilitando la realización de esta simulación, sin embargo Cisco Packet Tracer al establecer solo los comportamientos generales por dispositivo, le permite tener un inventario variado de tipos de dispositivos, los cuales si bien no permiten establecer totalmente la infraestructura de los diseño, si permiten emularla.

A continuación, se comparte la estructura simulada en Cisco Packet Tracer:

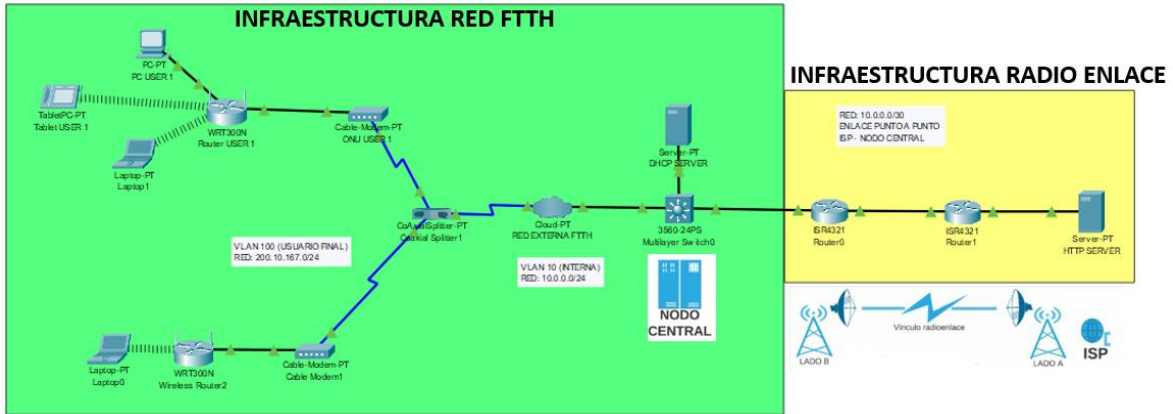


Ilustración 39: Infraestructura Simulada del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia en Cisco Packet Tracer.

En la simulación se observa la creación de la infraestructura del radio enlace, el cual por medio de routers se emula el funcionamiento de las torres en las que se envía y recibe la señal para disponer el servicio a la comunidad, adicionalmente se tiene un servidor unido a la torre de envío esto para emular los servicios ISP del proveedor en la simulación, prueba de esta correcta función se tiene la Pagina HTTP creada en dicho servidor, solicitada por uno de los equipos de la red FTTH.

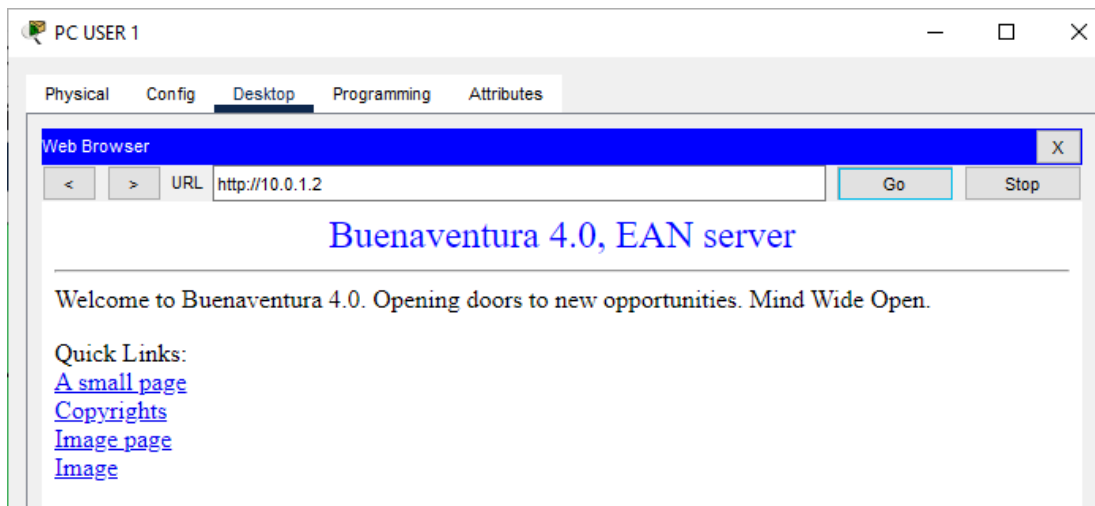


Ilustración 40: Solicitud de ingreso a la página creada en el servidor HTTP demostrando la función del ISP en la red.

Fuente: Elaboración propia por medio de Cisco Packet Tracer.

Demostrada la funcionalidad de la red y el usuario final en la simulación, se denota la región de la red FTTH, cuyo base de la infraestructura es el nodo óptico dispuesto para la población por medio del radio enlace, dicho nodo y el uso de la OTN que permitió la viabilidad del proyecto es emulado por medio de 3 dispositivos.

- Servidor DHCP: Permite disponer la configuración para la asignación y administraciones de las direcciones IPv4 de los usuarios en cada uno de los puntos de conexión (ONU) generados

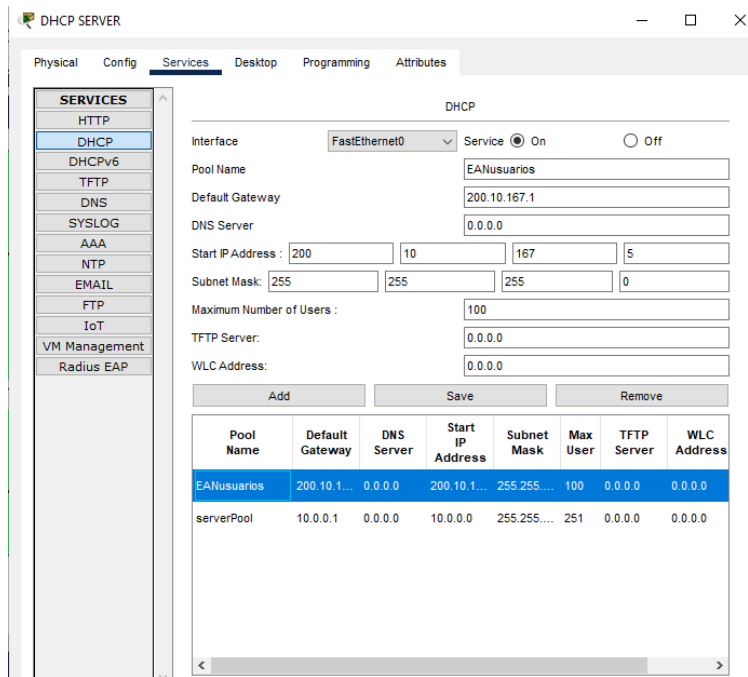


Ilustración 41: Configuración DHCP para la asignación automática de IP en la red.

Elaboración propia por medio de Cisco Packet Tracer.

- Switch MultiCapa: Hace el papel de Nodo Óptico y OTN, según la disposición de este switch se deja solo una conexión ya que solo se plasma la simulación para dos puntos de conexión en un sector, la disposición para el demás usuario en los demás sectores es muy similar.
- Red Cloud: Representa el servicio de internet aportado por esa conexión a sus usuarios.

Ya para la distribución GPON de la red FTTH, como es establecido, la distribución al usuario final se realiza por medio de dispositivos pasivos, los cuales son splitters, los cuales según el diseño de la red FTTH son de relación o 1:4 o 1:8 dentro da cada sector, entonces para generalizar el sector plasmado esta combinación de splitters es representado en la simulación por solo uno, que para el ejemplo distribuye la señal en dos usuarios (ONUs) en donde cada usuario tiene dispositivos conectados a cada modem ya sea por conexión ethernet o de manera inalámbrica.

Por último, para comprobar la configuración general de la simulación, se realiza la ejecución de comandos Ping desde todos los dispositivos conectados a las ONUs contra el servidor HTTP para corroborar dicha conexión satisfactoria. Dichos resultados fueron positivos para todos los dispositivos.









Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color	Time(sec)	Periodic	Num
	Successful	Laptop0	HTTP SERVER	ICMP		0.000	N	0
	Successful	Laptop1	HTTP SERVER	ICMP		0.000	N	1
	Successful	Tablet US...	HTTP SERVER	ICMP		0.000	N	2
	Successful	PC USER 1	HTTP SERVER	ICMP		0.000	N	3

Ilustración 42: Resultados Ping de los dispositivos al servidor HTTP.

Elaboración Propia por Cisco Packet Tracer.

Se comparte la simulación realizada.



ANÁLISIS DE COSTOS

RADIOENLACE

Los costos correspondientes a las torres y el cerramiento de la zona de ubicación de estas fueron recibidos por medio de una cotización, para el caso de los equipos necesarios para el radioenlace los costos fueron obtenidos por diferentes proveedores.

Obras Civiles y Torre		
Concepto	Cantidad	Valor
Preliminares - demolición	-	\$ 2.784.775,71
Excavación	-	\$ 3.453.660,20
Cimentación, estructuras de concreto	-	\$ 14.568.033,77
Cerramiento	-	\$ 8.065.875,55
Pintura, pisos y acabados	-	\$ 92.327,76
Estructuras Metálicas : Torre Autosoportada	-	\$ 76.792.198,40
Suministros eléctricos	-	\$ 35.762.963,94
Accesorios	-	\$ 5.893.747,64
Transporte	-	\$ 26.572.441,65
TOTAL		\$ 173.986.024,62

Tabla 5: Obras civiles y torre

Fuente: Elaboración propia a partir de cotización

Equipos		
Concepto	Cantidad	Valor
Antena Ubiquiti Networks	2	\$ 5.321.538,00
ODU	2	\$ 918.000,00
IDU	2	\$ 961.738,00
TOTAL		\$ 7.201.276,00

Tabla 6: Costos Equipos Radioenlace

Fuente: Recuperado de varias fuentes referenciadas al final del documento

RED FTTH

El costo se basa en la colección de equipamiento relevante para el funcionamiento e inicial establecimiento de la red FTTH.

Nombre	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
OTN	1	\$ 62.177.000,00	\$ 62.177.000,00
Tarjetas de OTN	6	\$ 7.123.000,00	\$ 42.738.000,00
Splitters 1:4	3	\$ 616.000,00	\$ 1.848.000,00
Splitters 1:8	39	\$ 918.000,00	\$ 35.802.000,00
Fibra	4500	\$ 671.600,00	\$ 30.222.000,00
ONT	272	\$ 283.000,00	\$ 76.976.000,00
Postes	58	\$ 1.652.000,00	\$ 95.816.000,00
TOTAL			\$ 345.579.000,00

Tabla 7: Listado de precios equipamiento red FTTH

Fuente: Recuperado de varias fuentes referenciadas al final del documento

Se toma todos los postes requeridos para el diseño, sin embargo, es muy probable que en sitio ya se tengan varios de ellos posiblemente aquellos que van cerca de la playa, que serían 45 postes reduciendo el valor total \$271.239.000.

NODO CENTRAL

A continuación se describe el análisis de costo para el nodo central:

Concepto	Cantidad	Valor
Planta Eléctrica Yorking Diesel Yde8500ta	1	\$7.500.000
Aire Acond. Mini Split Constante TRANE 36000 BTU	1	\$5.056.443
ATS 115Amp	1	\$3.700.000
Cisco Asr-920-4sz-a router	1	\$9.901.792,30
UPS ONLINE 9355, EATON, 10 KVA, 120/208 VAC	1	\$30.501.000,00
TOTAL		\$56.659.235,30

Tabla 8: Listado de precios equipos Nodo Central

Fuente: Recuperado de varias fuentes referenciadas al final del documento

MONITOREO Y CONTROL

A continuación se describe el análisis de costo para el monitoreo:

Concepto	Cantidad	Valor
Tarjeta Arduino Uno R3 Chip Atmega328p		\$188.990,00
Sensores	5	\$200.000,00
Chasis	1	\$30.000,00
Cableado	1	\$100.000,00
Fuente de poder a 12VDC	1	\$52.250,00
Baterías 12 VDC	2	\$247.364,00
TOTAL		\$818.604,00

Tabla 9: Dispositivos de monitoreo y control

Fuente: Recuperado de varias fuentes referenciadas al final del documento

CONCLUSIONES

Buenaventura es uno de los puntos más importantes para el comercio Internacional de Colombia, y desde hace poco se constituye como la puerta de llegada de un cable submarino de Internet de conexión transcontinental; A pesar de esto, los proveedores del servicio de internet no le otorgan la importancia que esta se merece, más allá de su zona portuaria (como un potencial económico para su negocio), de manera que optan por tener sus grandes centrales de distribución de servicios de internet en el interior del país (enfocados en las ciudades principales); de allí la necesidad de la generación de ideas para el desarrollo de los servicios de red en pequeñas ciudades como Buenaventura y sus zonas rurales.

Para el desarrollo de las diferentes simulaciones del presente proyecto, fue necesario analizar el clima, tipo y estabilidad del terreno, ya con esta información y con conocimientos previos en infraestructura, fue posible determinar y seleccionar la mejor forma de llevar el servicio de internet a Punta Baza Bocana.

En una primera instancia se determina que la forma más eficiente de llevar el servicio de internet de Buenaventura a Punta Bazán Bocana es por medio de un radioenlace, ya que este solo requiere de dos puntos que se conectan por medio de microondas emitidas y recibidas por dos antenas parabólicas direccionales; Las antenas direccionales para este tipo de enlace son las más eficientes, puesto a que la pérdida en la emisión es menor. Para la ubicación de la torre de Buenaventura, se tuvo en cuenta una zona despoblada la cual fue ideal para este punto; para el caso de Punta Bazán Bocana, se tuvo en cuenta que el terreno de ubicación estuviera muy cerca del inicio de la Isla ya que esto facilitaría la conexión y se protegería la zona de Fresnel de obstáculos como arboles de más de 50 Metros que se encuentran en la parte más despoblada de la isla.

En el diseño de la red FTTH se tiene un impacto de 272 hogares en los diferentes sectores de Punta Bazán, esto aproximadamente permite la conexión a 1088 personas de la zona, las cuales pueden recibir contenidos educativos, publicar productos y servicios y con ello poder aumentar el acceso a la educación, al empleo y adicional a ello poder mostrar a los turistas la riqueza y bondades de esta hermosa isla.

La simulación denota en primera instancia que la mayor carga de configuración de los equipos en la red se depende por la configuración de cada uno de los routers del usuario, así, como en la parte central la disposición de las direcciones IP de cada uno en el nodo óptico. Por supuesto debido a las limitaciones del simulador no se pudo obtener consideraciones de configuración del apartado óptico de dichos equipos, sin embargo, se sabe que esta solo afectaría a 3 dispositivos, El nodo, la OTN y los módems. Finalmente, si se desea realizar una mejor simulación, se conoce el software de OptiSystem de OpticWave, el cual esta enfocado en la simulación de infraestructura de telecomunicaciones, pero por medio ópticos, que permite no solo realizar las configuraciones del dispositivo, adicionalmente permite observar los indicadores y pruebas de comunicación y calidad de señal óptica en los tramos deseados.

El análisis de costos es una tarea rigurosa, en donde se debe considerar cada detalle; para proyectos tecnológicos, donde gran parte de los dispositivos se importan del exterior, se debe tener muy en cuenta el cambio de las divisas y proyección de crecimiento de esta para el momento de ejecución, dado este factor y sumado a que muy posiblemente surjan gastos no considerados, se debe añadir un presupuesto para imprevisto.

Por otra parte, adquirir cotizaciones para algunos elementos de infraestructura de red de alto costo, como la torre y el shelter, resulta una tarea algo complicado en un proyecto académico, generalmente se emite la oferta comercial por demanda a proveedores específicos que normalmente no postean sus productos en la web, dado que el precio está sujeto a las condiciones de acceso al sitio y facilidades para el montaje; además, dichos proveedores no están dispuestos a elaborar una propuesta comercial que muy posiblemente no van a ejecutar.

BIBLIOGRAFÍA

- Access Engineering. (2016). *10. Arduino Internet of Things Programming*. Retrieved from Access Engineering: <https://www-accessengineeringlibrary-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/content/book/9781259641633/chapter/chapter10?implicit-login=true>
- Aeronáutica Civil - Unidad Administrativa Especial. (2022). *Bases de Datos*. Retrieved from Aeronáutica Civil - Unidad Administrativa Especial: <https://www.aerocivil.gov.co/atencion/estadisticas-de-las-actividades-aeronauticas/bases-de-datos>
- Alcaldía Distrital de Buenaventura. (2017, diciembre 26). *Decreto No. 1615 de 2017. "POR MEDIO DEL CUAL SE REGLAMENTA LA LOCALIZACIÓN, INSTALACIÓN Y REGULACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA Y REDES DE TELECOMUNICACIONES Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES EN EL DISTRITO DE BUENAVENTURA"*. Retrieved from Alcaldía Distrital de Buenaventura: https://www.buenaventura.gov.co/images/multimedia/20171227_decreto_no_1516___reglamentacion_telecomunicaciones_cad_diciembre_26_de_2017.pdf
- ANE - Agencia Nacional de Espectro. (n.d.). *Monitoreo de Exposición de Antenas*. Retrieved from ANE - Agencia Nacional de Espectro: <https://smrni.ane.gov.co/es/public/colombia/>
- ANE - Agencia Nacional de Espectro. (n.d.). *Normativa*. Retrieved from ANE - Agencia Nacional de Espectro: <https://www.ane.gov.co/gestion-tecnica/SitePages/despliegue-infraestructura/normatividad.aspx>
- ANE - Agencia Nacional de Espectro. (n.d.). *Normativa - Anexo Técnico*. Retrieved from ANE - Agencia Nacional de Espectro: https://www.suin-juriscal.gov.co/imagenes//10/09/2019/1568133610743_50821Anexo.pdf
- ANE - Agencia Nacional del Espectro. (n.d.). *Consulta Pública - Uso de la banda de frecuencias 5925 - 7125 MHz*. Retrieved from ANE - Agencia Nacional del Espectro: <https://www.ane.gov.co/gestion-tecnica/Documents/Consulta%20P%C3%BAblica%206%20GHz%20ANE.pdf>
- Anvimur. (n.d.). *Enlace Punto a Punto QUANTA 70 | INFINET*. Retrieved from Anvimur: <https://www.anvimur.com/img/cms/RADIO%20ENLACE/LINK.png>
- Arboleda Toro, N., & ACESAD. (2013). *La Nueva Relación entre Tecnología, Conocimiento y Formación Tiende a Integrar Las Modalidades Educativas pp. 48-63*. Retrieved from LA EDUCACIÓN SUPERIOR A DISTANCIA Y VIRTUAL EN COLOMBIA: Nuevas Realidades.
- Arduino.cc. (n.d.). *Arduino IDE 1.8.19*. Retrieved from Arduino.cc: <https://www.arduino.cc/en/software>

- ARDUINO.cl. (n.d.). *Arduino uno*. Retrieved from ARDUINO.cl: <https://arduino.cl/arduino-uno/>
- Benjumea-Arias, M. L., Villa-Enciso, E. M., & Valencia-Arias, J. (2016). Beneficios e impactos del teletrabajo en el talento humano. Resultados desde una revisión de literatura. *Revista CEA, ISSN 2390-0725*, 2(4), 59-73.
- BISMARK. (2020, diciembre 02). *Las antenas para telecomunicaciones en dispositivos, función, tipos y ¿cuál necesito?* Retrieved from BISMARK: <https://bismark.net.co/antenas-para-telecomunicaciones-m2m/>
- Bloomberg. (2021, Septiembre 15). *En 2020 solo 2 de cada 10 hogares rurales tuvo acceso a internet en Colombia*. Retrieved from Bloomberg Linea: <https://www.bloomberglinea.com/2021/09/16/en-2020-solo-2-de-cada-10-hogares-rurales-tuvo-acceso-a-internet-en-colombia/>
- Bnamericas. (2021, Noviembre 19). *La vasta brecha digital entre las ciudades y áreas rurales de Colombia*. Retrieved from Bnamericas: <https://www.bnamericas.com/es/noticias/la-vasta-brecha-digital-entre-las-ciudades-y-areas-rurales-de-colombia#:~:text=La%20proporci%C3%B3n%20de%20la%20poblaci%C3%B3n,durant e%20el%20evento%20Andicom%202021>
- Buenaventura cómo vamos. (2021, Agosto). *Informe de Calidad de Vida de Buenaventura 2019-2020*. Retrieved from Buenaventura cómo vamos: <https://www.buenaventuracomovamos.org/informes-de-calidad-de-vida/>
- Burton, J. (2019, Agosto). *FTTH or Next-Generation HFC*. Retrieved from BROADBAND: <https://www.broadbandsuccess.com/wp-content/uploads/2019/08/FTTH-or-NG-HFC-Myth-vs-Reality-082019.pdf>
- Carrera Calderón, F. A., & Vega Falcón, V. (2017). Impacto de Internet en el sector Turístico. *Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación. ISSN 1390-9150*, 4(4), 477-490.
- CONGRESO DE COLOMBIA. (2009, julio 30). *Ley 1341 de 2009 Nivel Nacional*. Retrieved from CONGRESO DE COLOMBIA: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=36913&dt=S>
- Congreso de Colombia, & Ministerio del Trabajo. (2008). *LEY 1221 DE 2008*. Retrieved from <http://www.desarrolloeconomico.gov.co/sites/default/files/marco-legal/Ley-1221-2008.pdf>
- Control Automatico Educacion. (n.d.). *Medidor de Nivel de Agua por Presión con Arduino*. Retrieved from Control Automatico Educacion: <https://controlautomaticoeducacion.com/arduino/medidor-de-nivel-de-agua-por-presion-con-arduino/>
- DANE. (2021, septiembre 02). *Encuesta Nacional de Calidad de Vida ECV - Resultados ECV2020*. Retrieved from DANE:

- https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/calidad_vida/2021/presentacion_rueda_de_prensa_ECV_2021.pdf
- DANE. (2022, julio). *Boletín Técnico - Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH)*. Retrieved from DANE:
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ech/ech/bol_empleo_jul_22.pdf
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. (2018, marzo 16). *Las 16 grandes apuestas de Colombia para cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Retrieved from DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN:
<https://www.dnp.gov.co/Paginas/Las-16-grandes-apuestas-de-Colombia-para-cumplir-los-Objetivos-de-Desarrollo-Sostenible.aspx#:~:text=Colombia%20defini%C3%B3%20las%20metas%20para,clim%C3%A1tico%20y%20justicia%2C%20entre%20otros.>
- Díaz Duran, M., & Svetlichich Duque, M. (2013). *XXX CONFERENCIA INTERAMERICANA DE CONTABILIDAD, TRABAJO INTERAMERICANO*. Retrieved from Herramientas para la Educación Virtual”:
<https://cpceba.org.ar/media/img/paginas/Herramientas%20Para%20La%20Educaci%C3%B3n%20Virtual.pdf>
- DYNAMO ELECTRONICS. (n.d.). *mpx5010dp sensor presion diferencial*. Retrieved from DYNAMO ELECTRONICS: <https://dynamoelectronics.com/tienda/mpx5010dp-sensor-presion-diferencial/>
- El Bouchti, M. (2016, octubre 18). *Diseño y Medición de una Antena Wearable*. Retrieved from Universitat Politècnica de Catalunya:
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/106668/mohamed.el.bouchti_119201.pdf
- Electrónica FP. (2018, diciembre 12). *ANTENAS 10: potencia, ganancia y directividad*. Retrieved from Electrónica FP: <https://www.youtube.com/watch?v=3CNenyX2vKU>
- Electrónica FP. (2019, enero 11). *PARABOLICA (tipos de antenas)*. Retrieved from Electrónica FP: <https://www.youtube.com/watch?v=P18NF086WhQ>
- Empresa Argentina de Navegación Aérea. (n.d.). *SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO RED DE RADIOENLACES DIGITALES*. Retrieved from Especificaciones Técnicas: <https://eana.com.ar/sites/default/files/2021-02/6000016%20LIC%20PRIV%2004-2021%20ET%20-%20Mantenimiento%20Radioenlaces%20Digitales.pdf>
- ENVERA. (n.d.). *Agenda 2030: así contribuye Envera a once Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Retrieved from ENVERA: <https://grupoenvera.org/sin-categoria/agenda-2030-asi-contribuye-envera-once-los-objetivos-desarrollo-sostenible/#anchor>
- ET - Mantenimiento Radioenlaces Digitales. (2021, febrero 18). *SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO RED DE RADIOENLACES*

- DIGITALES*. Retrieved from ET - Mantenimiento Radioenlaces Digitales:
<https://eana.com.ar/sites/default/files/2021-02/6000016%20LIC%20PRIV%2004-2021%20ET%20-%20Mantenimiento%20Radioenlaces%20Digitales.pdf>
- Forum Arduino. (2018, octubre). *Conexion de Sensor Magnetico de Puerta*. Retrieved from Forum Arduino: <https://forum.arduino.cc/t/conexion-de-sensor-magnetico-de-puerta/550407>
- GLOBAL TECNOLY. (n.d.). *Antena Direccional RocketDish airMAX, para enlaces Punto a Punto*. Retrieved from GLOBAL TECNOLY - UBIQUITI NETWORKS:
<https://globaltecnoly.com/tienda/antena-direccional-rocketdish-airmax-ideal-para-enlaces-punto-a-punto/>
- GLOBAL TECNOLY. (n.d.). *Mikrotik RB750GR3*. Retrieved from GLOBAL TECNOLY:
<https://globaltecnoly.com/tienda/mikrotik-rb750gr3/>
- HardwareLibre. (n.d.). *ESP8266: el módulo WIFI para Arduino*. Retrieved from HardwareLibre:
<https://www.hwlibre.com/esp8266/>
- Ibujés Flores, E. R. (2015, enero 20). *Tesis Electrónica y Redes de Información (IER)*. Retrieved from <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9111>
- INCIBE - Instituto Nacional de Ciberseguridad. (n.d.). *Enlace Punto a Punto y Punto a Multipunto*. Retrieved from INCIBE - Instituto Nacional de Ciberseguridad:
<https://www.incibe.es/protege-tu-empresa/catalogo-de-ciberseguridad/listado-soluciones/enlace-punto-punto-y-punto>
- IPTTEL - Conectate con el mundo. (2016, enero 29). *¿Que es FTTH o Fibra Óptica al Hogar?* Retrieved from IPTTEL - Conectate con el mundo: <https://www.iptel.com.ar/que-es-ftth-o-fibra-al-hogar/>
- Irving. (2020, julio 28). *FTTH Network Based on GPON*. Retrieved from Irving:
<https://community.fs.com/blog/components-and-architecture-of-gpon-ftth-access-network.html>
- ITPrice. (2022). *HUAWEI PRICE LIST 2022*. Retrieved from ITPrice:
<https://itprice.com/huawei-price-list/otn.html>
- ITU. (2019, Agosto 29). *ITU-T G.984.2 SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS*. Retrieved from Union Internacional de Telecomunicaciones (ITU): <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2-201908-I/es>
- Juniper Networks. (2020, Mayo 24). *Pérdida de señal de cable de fibra óptica, atenuación y dispersión*. Retrieved from Juniper Networks:
<https://www.juniper.net/documentation/es/release-independent/junos/topics/concept/fiber-optic-cable-signal-loss-attenuation-dispersion-understanding.html#:~:text=La%20atenuaci%C3%B3n%20es%20la%20reducci%C3%B3n,empalmes%20de%20cable%20y%20conectores.>

- López Rodríguez, A. L., & López Rodríguez, S. A. (2018). IMPACTO DE LAS TIC EN EL TURISMO: CASO COLOMBIANO. *Cuadernos de Turismo*, ISSN: 1139-7861(41), 399-418. doi:<http://dx.doi.org/10.6018/turismo.41.327081>
- Martínez, J. L. (2017, diciembre 15). *PRORED*. Retrieved from ¿Qué es un radioenlace?: <https://www.prored.es/que-es-un-radioenlace/>
- Martínez, J. L. (2018, julio 13). *PRORED*. Retrieved from Zonas de Fresnel en un radioenlace: <https://www.prored.es/zonas-de-fresnel-en-un-radioenlace/>
- Miñarro Yanini, M. (2021). Innovación tecnológica, organización del trabajo y sostenibilidad ambiental: ¿es el teletrabajo una forma de empleo verde? *Revista de Trabajo y Seguridad Social CEF*, 454, 5-16.
- MINCIT - Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2022). *El Turismo en Cifras: Junio-Julio 2022*. Retrieved from MINCIT - Ministerio de Comercio, Industria y Turismo: <https://www.mincit.gov.co/getattachment/estudios-economicos/estadisticas-e-informes/informes-de-turismo/2022/junio/oe-yv-turismo-junio-29-08-2022.pdf.aspx>
- MINCIT - Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2022). *Guía Turística Chocó, Colombia*. Retrieved from MINCIT - Ministerio de Comercio, Industria y Turismo: <https://www.mincit.gov.co/getattachment/minturismo/analisis-sectorial-y-promocion/promocion-turistica/guias-turisticas-por-departamentos/descargar-en-pdf-choco/descargar-en-pdf-choco.pdf.aspx>
- MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. (2020). *Atlas de Acceso fijo a Internet 1er Semestre de 2020*. Retrieved from MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES: https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-160670_atlas_pacifico.pdf
- MINISTERIO DE TRANSPORTE. (2020, julio 21). *Competitividad en el puerto de Buenaventura*. Retrieved from MINISTERIO DE TRANSPORTE: <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/8761/competitividad-en-el-puerto-de-buenaventura/#:~:text=Buenaventura%20es%20considerado%20el%20principal,el%2032%25%20del%20total%20nacional.>
- Naciones Unidas . (2015, Septiembre 25). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Retrieved from Naciones Unidas : <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Naciones Unidas. (2015, septiembre 25). *ODS - Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Retrieved from Agenda de Desarrollo Sostenible a 2030: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Naylamp Mechatronics. (n.d.). *TUTORIAL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DHT11 Y DHT22*. Retrieved from Naylamp Mechatronics:

https://naylampmechatronics.com/blog/40_tutorial-sensor-de-temperatura-y-humedad-dht11-y-dht22.html

Netronics-Networks. (n.d.). *High Capacity Point to Multi-Point Connectivity Solutions*.

Retrieved from Netronics-Networks: <http://www.netronics-networks.com/point-to-multipoint.html>

Organización Internacional del Trabajo (OIT). (n.d.). *Trabajo decente*. Retrieved from

<https://www.ilo.org/global/topics/decent-work/lang--es/index.htm>

Promax. (2019, Marzo 14). *¿Qué significa PON, GPON, XG-PON, 10G-EPON...?* . Retrieved

from Promax: <https://www.promax.es/esp/noticias/562/que-significa-pon-gpon-xg-pon-10g-epon-que-analizadores-son-compatibles-con-ellas/>

Rafie Pratama, A., & Al-Shaikh, M. (2012). Relation and Growth of Internet Penetration Rate with Human Development Level from 2000 to 2010. *Communications of the IBIMA*.

Retrieved from

https://www.researchgate.net/publication/264893520_Relation_and_Growth_of_Internet_Penetration_Rate_with_Human_Development_Level_from_2000_to_2010

Ramírez Cruz, I. D. (2021). *ANÁLISIS DEL ACCESO A INTERNET EN ZONAS RURALES DEL MUNICIPIO DE MARINILLA PARA EL DESARROLLO DE UNA JORNADA DE ACTIVIDADES ACADÉMICAS DE LA ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA DE LA UNAD*. Retrieved from PROYECTO DE GRADO:

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/44664/idramirezcr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (n.d.). *radioenlace*. Retrieved from REAL ACADEMIA

ESPAÑOLA: <https://dle.rae.es/radioenlace>

República de Colombia. (2015, mayo 26). *Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Retrieved from República de Colombia:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>

Sanabria Balbuena, L., & Aquino Noguera, A. (2021). Principales ventajas de la modalidad virtual en tiempos de pandemia. *Revista Científica UNE*, 1-24.

Sevilla Avilés, O. K. (2020). El impacto del comercio electrónico en el turismo de

Latinoamérica. *REVISTA INTERNACIONAL MULTIDISCIPLINARIA - CIID. ISSN: 2711-3388(01)*, 64-83.

Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES). (2022, julio 01). *Matrícula en educación superior 2021*. Retrieved from Sistema Nacional de Información de la

Educación Superior (SNIES): https://snies.mineducacion.gov.co/1778/articles-401926_recurso_1.pdf

- Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES). (n.d.). *Bases consolidadas*. Retrieved from (SNIES):
<https://snies.mineducacion.gov.co/porta1/ESTADISTICAS/Bases-consolidadas/>
- SOLO ELECTRONICOS.COM. (2021, agosto 26). *Fáciles medidas de c.a. con Arduino*. Retrieved from SOLO ELECTRONICOS.COM:
<https://soloelectronicos.com/2021/08/26/faciles-medidas-de-c-a-con-arduino/>
- SYSCOM. (2020, Agosto 18). *FTTX: Fibra Óptica, Diseño de Redes FTTH y Herramientas - Curso Express SYSCOM*. Retrieved from YouTube:
<https://www.youtube.com/watch?v=cJdttgizK5I>
- SYSCOM COLOMBIA. (n.d.). *(hEX) RouterBoard*. Retrieved from Modelo: RB750GR3 - Marca: MIKROTIK: <https://www.syscomcolombia.com/producto/RB750GR3-MIKROTIK-91779.html>
- Tarluz Quality & Service. (2020). *Introduction to HFC Hybrid Fiber Coaxial Architecture*. Retrieved from Tarluz Quality & Service: <http://www.tarluz.com/es/hfc/introduction-to-hfc-hybrid-fiber-coaxial-architecture/>
- Tecnologia Informatica. (n.d.). *Televisión por satélite. Instalación de antenas parabólicas*. Retrieved from Tecnologia Informatica: <https://www.tecnologia-informatica.es/instalacion-de-antena-parabolica/>
- TECOAR S.A. (n.d.). *PUNTO A MULTIPUNTO*. Retrieved from TECOAR S.A.:
https://www.tecoar.com.ar/inicio/?page_id=7921#:~:text=Un%20radioenlace%20punto%20a%20multipunto,existe%20comunicaci%C3%B3n%20entre%20los%20remotos.
- TELORAM. (n.d.). *Torre triangular autosoportada*. Retrieved from TELORAM:
<https://teloram.com/tipos-de-torres-de-telecomunicaciones/>
- Tinoco Alvear, J. D. (2011). *Estudio y diseño de una red de fibra optica FTTH para brindar servicio de voz, video y datos para la urbanizacion los olivos ubicada en el sector Toctesol en la parroquia Borrero de la ciudad de Azogues*. Retrieved from Repositorio Institucional Universidad Politecnica Salesiana Ecuador:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1076/12/UPS-CT002134.pdf>
- Twintelcom Toledo. (n.d.). *Internet por Radio Enlace Wifi: Qué es y cómo funciona*. Retrieved from Twintelcom Toledo: <https://www.twintelcom.com/internet-por-radio-enlace-wifi-que-es-como-funciona/>
- UBIQUITI NETWORKS. (n.d.). *Rocket M Powerful 2x2 MIMO airMAX BaseStation | Models: M5*. Retrieved from UBIQUITI NETWORKS:
https://dl.ubnt.com/datasheets/rocketm/RocketM_DS.pdf
- UBIQUITI NETWORKS. (n.d.). *RocketDish airMAX Carrier Class 2x2 PtP Bridge Dish Antenna | Model: RD-5G34*. Retrieved from UBIQUITI NETWORKS:
https://ftp3.syscom.mx/usuarios/ftp/2017/03/28/ada47/RocketDish_RD-5G34_QSG.pdf

Vásquez Caicedo, C. A. (2014). *PROYECTO DE GRADO*. Retrieved from ANÁLISIS, DISEÑO, SIMULACIÓN Y PRESUPUESTO DE UN RADIOENLACE ENTRE DOSQUEBRADAS Y LAS ESCUELAS EL RINCÓN, LA COLONIA Y LAS DELICIAS: <https://repositorio.ucp.edu.co/bitstream/10785/3662/1/CDMIST106.pdf>

VIAVI Solutions . (2020). *Fiber Water Peak Characterization*. Retrieved from VIAVI Solutions : <https://www.viavisolutions.com/en-us/literature/fiber-water-peak-characterization-white-papers-books-en.pdf>