



Proyecto Final de Ingeniería

Diseño de Red WiFi publica para playas de la ciudad de Colon, Entre Ríos



Juan Facundo Ledesma – LU 1098851

Tutor:
Abad Fernando Ramiro

Contenido

Capítulo I: Introducción.....	9
1 Fundamentación	9
1.1 Objetivos	10
1.2 Alcance	10
1.2 Descripción del proyecto.....	10
Capitulo II: Antecedentes.....	12
2.1 Situación actual	12
Capitulo III: Tecnologías inalámbricas.....	16
3.1 Introducción a las redes inalámbricas.....	16
3.2 Tecnología inalámbrica WIFI	17
3.3 Topologías de redes inalámbricas.....	17
3.3.1 Topología de infraestructura.....	17
3.3.2 Topología ad-hoc.....	18
3.4 Tipos de redes inalámbricas.....	18
3.4.1 Red de área extensa inalámbrica (WWAN).....	18
3.4.2 Red de área metropolitana inalámbrica (WMAN)	19
3.4.3 Red de área local inalámbrica (WLAN).....	19
3.4.4 Red de área personal inalámbrica (WPAM)	19
3.5 Identificador del Conjunto de Servicios Extendidos (ESSID)	19
3.6 Estándares IEEE 802.11	20
3.6.1 IEEE 802.11b e IEEE802.11g	20
3.6.2 IEEE 802.11a.....	20
3.6.3 IEEE 802.11n.....	20
3.6.4 802.11n con MIMO en uso exterior	21
3.6.5 IEEE 802.11ac	21
3.6.6 IEEE 802.11ax	22
3.6.7 IEEE 802.11ax mejorado.....	23
3.7 Seguridad en redes WiFi.....	23
3.8 Protocolo CAPWAP.....	25
Capitulo IV: Desarrollo	27
4.1 Requisitos:.....	27
4.2 Determinación de la cantidad de usuarios.....	27

4.3 Análisis topográfico:.....	29
4.4 Arquitectura de la red	31
4.5 Red de transporte	31
4.5.1 Determinación de las zonas de Fresnel.....	34
4.5.2 Selección frecuencia.....	36
4.5.3 Dimensionamiento de las torres	38
4.5.4 Selección equipamiento para el radio enlace	43
4.5.5 Orientación de las antenas.....	44
4.5.6 Cálculo de enlace.....	48
4.5.7 Diversidad de antenas.....	49
4.5.8 Torres	52
4.6 Red de backhaul	55
4.6.1 Conexión cableada	55
4.6.2 Conexión por Wireless link.....	55
4.6.3 Conexión mediante enlace de radio	56
4.6.4 Selección del equipamiento para la red de backhaul	57
4.7 Red de Acceso	58
4.7.1 Elementos básicos de la red de acceso	60
4.7.2 Equipos utilizados en la red WIFI	61
4.7.3 Análisis de cobertura.....	64
4.7.4 Determinación de la cantidad de puntos de acceso y ancho de banda.....	65
4.7.5 Ubicación de los puntos de acceso	68
4.7.6 Características de las columnas	70
4.7.7 Determinación del canal de radio para los AP	71
4.7.8 Montaje de los puntos de acceso.....	74
4.7.9 Montaje de las antenas	75
4.8 Equipamiento adicional en torres y columnas.....	77
4.9 Energía.....	78
4.10 Arquitectura de LAN.....	81
4.10.1 Hardware de red	81
4.10.2 Direccionamiento IP	83
4.10.3 Requerimiento de ancho de banda de la conexión a Internet.....	83
4.10.4 Seguridad.....	84

CAPITULO V: Análisis económico	86
5.1 Consumidores y clientes	86
5.1.1 Características principales.....	86
5.2 Posicionamiento deseado en la región	86
5.3 Servicios sustitutos.....	86
5.3.1 Conectividad de datos 3G, 4G, LTE, 5G	86
5.4 Análisis FODA	87
5.4.1 Fortalezas	87
5.4.2 Oportunidades	87
5.4.3 Debilidades.....	87
5.4.4 Amenazas	87
5.5 Costos.....	88
5.5.1 Costos del equipamiento de networking	88
5.5.2 Costos del equipamiento eléctrico.....	89
5.5.3 Costo montaje de torres arriostradas.....	90
5.5.4 Costos instalación y puesta en marcha de la infraestructura de red.....	91
5.5.5 Costo soporte y mantenimiento de equipos de networking	91
5.5.6 Costo servicios de datos (Internet)	92
5.5.7 Costo operación y mantenimiento de la infraestructura de red	93
5.5.8 Costos de capital (CAPEX)	93
5.5.9 Costos Operativos (OPEX)	93
Conclusión y trabajo futuro.....	95
Referencias.....	96
ANEXOS	97
Anexo A- Direccionamiento IP	97
Anexo B- Configuración Equipamiento de la red	98
B-1 Configuración Radio Base Altai A8n.....	98
B-2 Configuración AltaiCare	101
B-3 Configuración Radio enlace red de transporte y backhaul.....	106
B-4 Configuración Switches Allied Telesis IE340L-18GP.....	109
B-5 Configuración Switch Aruba 8310M	111
B-6 Configuración Firewall FortiGate 600E	112
Anexo C- Especificaciones Radio Base Altai A8n.....	118



Diseño de Red WiFi publica para playas de la ciudad de Colon, Entre Ríos

Juan Facundo Ledesma

Anexo D- Especificaciones UISP airFiber 60 LR	120
Anexo E- Especificaciones UISP airMAX GigaBeam Plus 60 GHz.....	122
Anexo F- Especificaciones Firewall FortiGate 600E.....	124
Anexo G- Especificaciones Switch Aruba 8310M	127
Anexo H- Especificaciones Switch Allied Telesis IE340L-18GP	129
Anexo I- Especificaciones AltaiCare WLAN Management Solution.....	130

RESUMEN

El presente trabajo final de ingeniería tiene por objeto el cálculo y diseño de una red inalámbrica que brindara servicio de acceso a internet a los usuarios de las playas de la ciudad de Colon, Entre Ríos, utilizando para este fin los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería en telecomunicaciones de la Universidad Argentina de la Empresa, con este propósito y a lo largo del desarrollo del presente trabajo se hará una análisis de las diferentes tecnología inalámbricas y sus estándares vigentes hoy día con el objeto de ofrecer una solución técnica a un problema frecuente que se le presenta a la mayoría de las personas que optan por visitar las playas de la ciudad al momento de requerir conectividad a internet en sus dispositivos electrónicos por medio del servicio de datos que proveen las diferentes compañías de telefonía celular que operan en la ciudad, dicho inconveniente radica, por un lado, en la ausencia de cobertura por parte de las prestadoras de servicios telefónicos en la zona de estudio, como así también en la saturación de las celdas de telefonía celular por la gran cantidad de conexiones concurrentes, factores que hacen imposible disponer de un acceso a internet de calidad, tan necesario hoy en día, que permita satisfacer la demanda de conectividad de los usuarios que visitan la ciudad y sus playas.

Para esto se realizó un caso de estudio de la problemática planteada y en base a los requerimientos de conectividad necesarios hoy en día para el normal funcionamiento de los dispositivos que requieren una conexión de datos a internet se realizó un relevamiento del terreno, cantidad de usuarios, áreas de cobertura, equipos y tecnología a emplear y se definió una arquitectura de red completa, abarcando no solo las temáticas inherentes a las telecomunicaciones sino también aspectos estructurales como torres, postes y energía con el objeto de presentar un proyecto acorde con los requerimientos de ingeniería planteados.

Al final del trabajo se realiza un análisis económico con el fin de determinar el costo de dicho proyecto y estimar la inversión necesaria para su ejecución.

ABSTRACT

The purpose of this final engineering work is to calculate and design a wireless network that will provide internet access service to users of the beaches of the city of Colon, Entre Ríos, using for this purpose the knowledge acquired in the career of telecommunications engineering from the Universidad Argentina de la Empresa, with this purpose and throughout the development of this work, an analysis of the different wireless technologies and their current standards will be made today in order to offer a technical solution to a frequent problem that it is presented to most of the people who choose to visit the city's beaches when they require internet connectivity on their electronic devices through the data service provided by the different cell phone companies that operate in the city, said drawback lies, on the one hand, in the lack of coverage by telephone service providers in the study area, as well as in the saturation of cell phone cells due to the large number of concurrent connections, factors that make it impossible to have quality internet access, so necessary today, that allows satisfying the demand connectivity of users who visit the city and its beaches.

For this, a case study of the problem was carried out and based on the connectivity requirements necessary today for the normal operation of devices that require a data connection to the Internet, a survey of the land was carried out, number of users, coverage areas, equipment and technology to be used and a complete network architecture was defined, covering not only the issues inherent to telecommunications but also structural aspects such as towers, poles and energy in order to present a project in accordance with the engineering requirements raised.

At the end of the work, an economic analysis is carried out in order to determine the cost of said project and estimate the necessary investment for its execution.

CAPITULO I

INTRODUCCION

Capítulo I: Introducción

1 Fundamentación

La ciudad de Colon, ubicada en el centro este de la provincia de Entre Ríos es una ciudad turística con cierta relevancia y popularidad para los entrerrianos y sobre todo para los residentes de la provincia de buenos aires y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires debido a la cercanía geográfica y accesibilidad en cuanto a vías de circulación vehicular se refiere, por lo que es un destino muy elegido, sobre todo en épocas de primavera-verano, en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo para disfrutar de las playas de la ciudad bañadas por las aguas del rio Uruguay¹

Todos los años en épocas de verano la ciudad de Colon es visitada por miles de veraneantes que disfrutan de los diferentes atractivos de la región incluido las playas, donde también se realizan actividades acuáticas. Hoy día la tecnología y el mundo hiperconectado nos ha creado una dependencia a estar conectados. WhatsApp, redes sociales, internet en general, son moneda corriente en el día a día de las personas, por lo que la conectividad de datos hacia internet es un oasis en el desierto.



Figura N° 1 Playas de la ciudad de Colon

Las diferentes empresas de telefonía celular y datos presentes en la región generalmente no están interesadas en realizar inversiones para cubrir zonas donde la cobertura de señal es pobre o inexistente y no hay demanda de consumo, ya que son zonas costeras no pobladas, por otra parte las celdas de telefonía celular de los diferentes proveedores están dimensionadas para soportar la demanda de trafico de los habitantes de la ciudad colapsando en la temporada de verano donde la ciudad recibe una cantidad de visitante que duplica la población habitual. Por esta razón los veraneantes se encuentran muy a menudo con que sus teléfonos celulares y dispositivos electrónicos que se conectan a la red celular no tienen señal,

la señal es muy baja, o en su defecto, si tienen el roaming¹ activado, se conecta a las compañías de telefonía del país vecino, la Republica Oriental del Uruguay, abonando los costos del uso de datos en el extranjero.

Por todo lo anterior nace la necesidad, a fin de ofrecer un servicio de valor a uno de los principales atractivos turísticos de la región, de proveer un servicio que brinde un acceso de datos de calidad para los visitantes

1.1 Objetivos

El objetivo del presente trabajo es el cálculo y diseño de una infraestructura de telecomunicaciones que permita brindar un servicio de conectividad inalámbrica WiFi a Internet en la zona de playas públicas de la ciudad de Colon, provincia de Entre Ríos.

1.2 Alcance

El alcance de este trabajo comprende el análisis de cobertura de diferentes tecnologías de telecomunicaciones que hoy día brindan una conectividad deficiente en la zona bajo estudio (3G, 4G, etc.), relevamiento de la cantidad de usuarios máximos posibles, dimensionamiento y selección de la infraestructura de red y componentes necesarios para brindar un servicio de acceso a internet en el área de implementación como así también los costos aproximados de dicho proyecto.

1.2 Descripción del proyecto

El presente proyecto final de ingeniería “Diseño de red WiFi para playas de la ciudad de Colon, Entre Ríos” describe de manera técnica y detallada el diseño de una infraestructura de red inalámbrica para proveer un servicio público de acceso a internet en las playas de la ciudad de Colon, provincia de Entre Ríos. En este proyecto se describe la forma de implementación de una red Wifi utilizando tecnologías y equipos existentes en el mercado, se realizará un estudio de la cantidad de usuarios que utilizaran el servicio, un estudio del terreno donde se montaran las antenas, tanto las ubicadas en la zona donde se prestara el servicio, como así también la infraestructura necesaria para llevar conectividad de acceso a internet a la zona en cuestión. Entre los análisis que realizaremos se encuentran el análisis topográfico, dimensionamiento de equipos, torres, cálculo de cobertura, arquitectura de la red, etc. Una vez realizado el diseño se especificará la configuración requerida del equipamiento interviniente y por último se realizará un análisis económico del proyecto a los fines de evaluar los costos de su implementación.

CAPITULO II

ANTECEDENTES

Capítulo II: Antecedentes

2.1 Situación actual

Actualmente en la ciudad de Colon ofrecen servicio de telefonía celular las empresas Personal y Claro, cada una de ellas con su correspondiente infraestructura de telecomunicaciones, el resto de las empresas de telefonía móvil que opera en el país, Tuenti, Movistar, etc. utiliza esta infraestructura bajo diferentes acuerdos entre las partes.

Por ser Colon una ciudad de 30000 habitantes aproximadamente donde casi la totalidad de las viviendas son construcciones bajas los proveedores de telefonía celular cubren la totalidad de la zona con una sola antena lo que se conoce como una macro celda cuya ubicación para ambos proveedores se muestra en la siguiente figura.

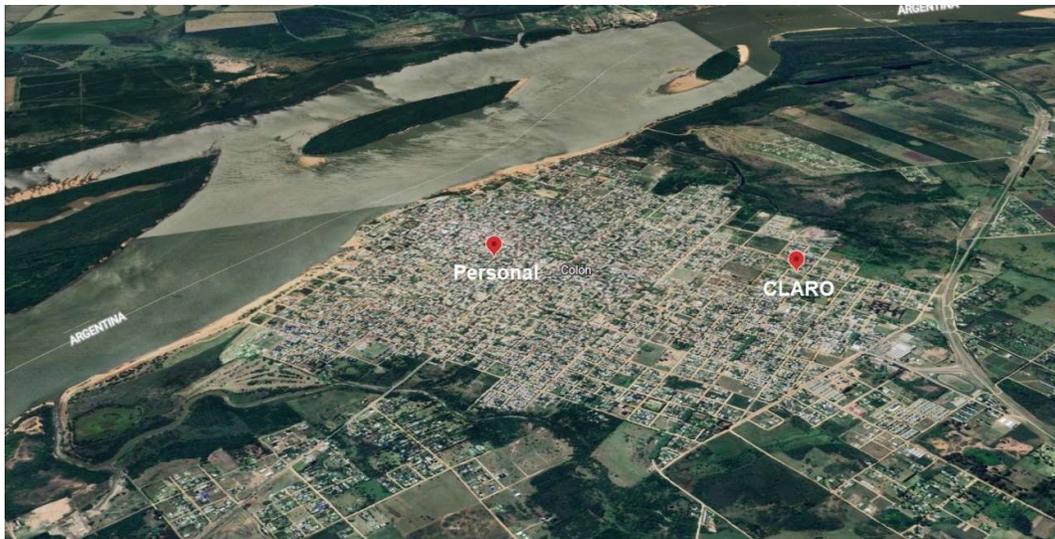


Figura N° 2 Ubicación de las antenas de Personal y CLARO

Como se puede observar en la figura N° 2 las antenas se encuentran ubicadas para brindar cobertura a la zona poblada de la ciudad, si bien en un principio viendo la imagen el lector podría interpretar que, por ejemplo, la antena de la empresa Personal, ubicada prácticamente en el centro de la ciudad, la cual brinda cobertura a toda la zona poblada, cubriría perfectamente la zona de playas, ya que la distancia a la misma es menor que a la de una vivienda ubicada en la periferia de la ciudad, este pensamiento no sería para nada descabellado si no consideramos el perfil del terreno en cuestión, ya que la zona de playas, presenta una diferencia de altura de aproximadamente 16 metros con respecto a la zona donde están ubicadas las antenas.

En la figura N°3 y N°4 se muestran los diferentes perfiles del terreno desde la ubicación de las antenas hasta la zona de playas.



Figura N°3 Perfil del terreno desde la antena de Personal hasta la playa sur



Figura N°4 Perfil del terreno desde la antena de CLARO hasta la playa sur

Como se puede apreciar en las figuras N°3 y N°4 la base de las antenas de telefonía están situadas en la cota 20 sobre el nivel del mar mientras que la zona de playas está en la cota 1, si bien es cierto que las antenas están en el tope de sus respectivas torres de aproximadamente

80 metros de altura, la propagación de la señal en la frecuencia utilizada para brindar los servicios de datos principalmente en línea recta o línea de vista (LOS), también en una ciudad con edificaciones en altura se pueden producir multitrayectos por reflexiones de la onda en edificios los cuales nos pueden proporcionar cobertura en lugares donde no tenemos línea de vista a la antena, algo que no sucede en una ciudad de edificaciones bajas y zonas descampadas como en la ciudad de Colon.

A lo anteriormente mencionado se le suma la atenuación que puede producirse en la señal debido a la vegetación como, por ejemplo, arboledas cercanas a la zona de playas, esto hace que la intensidad de la señal en la zona de estudio sea nula o deficiente para lograr una velocidad de transferencia de datos aceptable que permita el normal funcionamiento de aplicaciones como redes sociales, navegación web, etc.

En las siguientes imágenes se pueden ver diferentes capturas de pantalla de un teléfono celular utilizado en la zona de playas.

En la primera imagen se puede ver las barras indicadoras del nivel de señal donde no figura ningún tipo de conexión de datos (3G, 4G), y no permite utilizar ninguna aplicación (se puede apreciar un widget de una app de monitoreo de redes con la leyenda "Account Missing"), en la segunda imagen podemos ver un mensaje de texto enviado por la empresa CLARO, que envía la red cuando el teléfono se registra en las antenas de República Oriental del Uruguay.



Figura N° 5 Capturas de pantalla de un teléfono celular en el sector de playas

CAPITULO III

Tecnologías inalámbricas

Capítulo III: Tecnologías inalámbricas

3.1 Introducción a las redes inalámbricas

Hoy día la movilidad y la cantidad de dispositivos conectados a internet hacen que pensar en redes cableadas sea algo inviable desde lo técnico y lo económico, estas redes están presentes en diversos entornos, desde nuestro hogar hasta el trabajo, industria y así mismo en la vía pública. Imaginar el mundo de hoy sin conectividad inalámbrica sería imposible, la mayoría de los dispositivos tecnológicos que utilizamos a diario en nuestra vida requieren o tienen la posibilidad de conectarse a internet y dentro de las formas de conexión que nos brindan siempre se encuentra, si no es la única, la inalámbrica. Teléfonos, tablets, computadoras, impresoras, televisores, juguetes, cámaras de seguridad, etc, son algunos de los dispositivos que podemos encontrar en nuestro hogar que cuentan con conexión inalámbrica, y además, con el advenimiento de la tecnología IoT1, también podemos encontrar electrodomésticos, equipos de aire acondicionado, heladeras, lámparas, parlantes, etc que cuentan con conexión WiFi. En el ámbito empresarial bajo la modalidad de trabajo ágil, muy de moda en estos días, encontramos empleados de diferentes sectores de una compañía agrupados temporalmente para proyectos específicos, en los cuales se disponen de oficinas o lugares de trabajo, algunas veces improvisados, que son usados mientras dure dicho proyecto, de solo pensar en armar y desarmar puestos de trabajo con su respectiva red cableada por solo un par de semanas sería algo tedioso, aquí también la dinámica y flexibilidad que brinda la conectividad inalámbrica se hace notar. En la industria, donde muchas veces se requiere desplegar redes de sensores, cámaras, equipos de adquisición de datos en ambientes de mucha movilidad también acudimos a la conectividad inalámbrica. Y por último, y no menos importante, la conectividad en la vía pública, desde el servicio de datos que nos brindan las diferentes compañías celulares hasta zonas hot-spot en barrios, plazas, ferias, parques, terminales de ómnibus, estaciones de tren, aeropuertos, etc, que nos brinda conectividad WiFi a internet y cuyo uso creció masivamente con la pandemia de COVID-19 provocada por el virus SARS-CoV-2 que azoto al mundo y donde los vínculos con familiares y seres queridos, la educación y el trabajo remoto o teletrabajo que hasta ese momento era privilegio de unos pocos y que paso a ser la forma de trabajo de la inmensa mayoría de las personas, fue posible gracias a las tecnologías y redes de comunicaciones, donde la conectividad inalámbrica tomo un papel relevante y fundamental.

3.2 Tecnología inalámbrica WIFI

¿Qué es WIFI?

WIFI (Wireless-Fidelity) es el nombre que toman los equipos que funcionan bajo los lineamientos de la norma IEEE 802.11 y sus derivadas (802.11.a, b, g, n, ac, ax). Estas normas especifican el protocolo que utilizan estos equipos para comunicarse entre si utilizando ondas de radio. Cada una de estas normas especifican distintas velocidades, frecuencias de transmisión y técnicas de modulación para cada caso.

Una red WIFI publica es una red de acceso inalámbrico a la red de datos que permite brindar servicio de acceso a Internet vía wireless a cualquier usuario que lo requiera sin ningún tipo de costo.

En los primeros despliegues de redes WIFI públicas se han utilizado equipos que se basan en la norma 802.11b la cual especifica una velocidad de hasta 11Mbps y la norma 802.11g que especifica velocidades de hasta 54Mbps en la banda de frecuencias de 2,4GHz para las ondas de radio en espectro ensanchado. En el caso de este proyecto y debido a que los estándares antes mencionados quedaron obsoletos y todos los dispositivos modernos soportan los estándares actuales de la norma se brindara el servicio utilizando el estándar de WiFi 802.11n que permite velocidades de datos de hasta 300Mbps.

Para que un usuario acceda a Internet a través de la red WIFI pública debe disponer de un equipo terminal (Smartphone, Laptop, PC, Tablet) con capacidad para conexión WIFI, si el usuario se encuentra en el área de cobertura de la red WIFI se podrá conectar a la misma y comenzar a navegar por Internet.

3.3 Topologías de redes inalámbricas

La topología de una red inalámbrica es la forma en la que dichas redes se construyen y generalmente se realizan de dos maneras posibles, estas son las redes inalámbricas de infraestructura y las redes inalámbricas ad-hoc

3.3.1 Topología de infraestructura

Un red inalámbrica de infraestructura es aquella que posee dispositivos inalámbricos que permiten una vinculación de dicha red con un red de área local cableada, estos dispositivos denominados puntos de acceso proporciona el acceso de los usuarios a la red inalámbrica, gestiona la transmisión y recepción de los datos como así también el acceso al medio compartido, en una red de infraestructura, dependiendo del área que se pretende dar cobertura, pueden utilizarse un solo punto de acceso inalámbrico o varios de estos si la zona a cubrir es grande



Figura N° 6 Topología de infraestructura

3.3.2 Topología ad-hoc

En este tipo de topología la red de área local es creada por los mismos dispositivos inalámbricos que requieren conexión, por lo que en una topología ad-hoc no existe un dispositivo controlador o punto de acceso que vincule la red inalámbrica con una red LAN cableada u otras redes y cada dispositivo se comunica en forma directa con su par. Esta red tiene aplicación para dispositivos inalámbricos que necesiten comunicarse entre si, en redes pequeñas que no necesiten conexión con otras redes, conexión a dispositivos de impresión, pantallas, etc.



Figura N° 7 Topología ad-hoc

3.4 Tipos de redes inalámbricas

3.4.1 Red de área extensa inalámbrica (WWAN)

Una red de área extensa inalámbrica permite la comunicación de dos o más dispositivos en distintas ubicaciones geográficas como pueden ser diferentes ciudades o regiones, generalmente este tipo de redes son construidas y mantenidas por proveedores de servicio de internet (ISP), entre ellas se encuentran las tecnologías GSM, GPRS, LTE, etc.

3.4.2 Red de área metropolitana inalámbrica (WMAN)

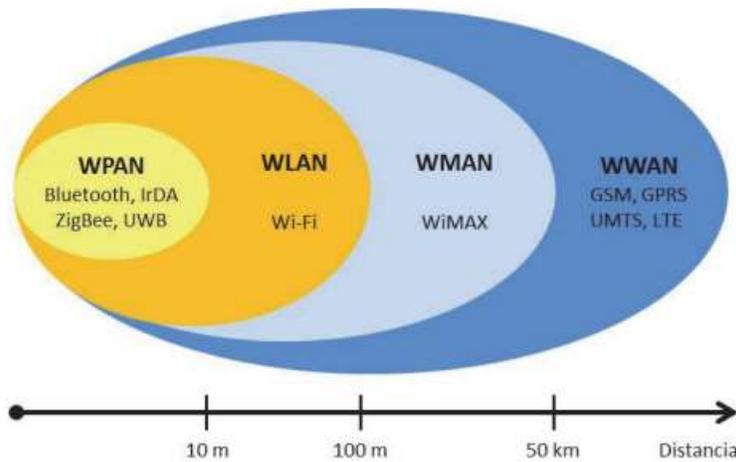
Una red de área metropolitana inalámbrica se suele utilizar en ciudades, campus universitarios, fabricas, para la comunicación entre dispositivos o redes de área local sin la necesidad de contratar un servicio de datos a un ISP reduciendo costos, hoy día son muchas las empresas que fabrican dispositivos inalámbricos de costo accesible para realizar enlaces de datos inalámbricos a distancias de hasta 20Km que permiten vincular redes y llevar conectividad y acceso a internet a lugares remotos.

3.4.3 Red de área local inalámbrica (WLAN)

De la misma forma que una red de área local cableada es un conjunto de dispositivos como PCs, impresoras, servidores que se conectan entre ellas y a otras redes por medio de una conexión cableada de cobre o fibra óptica, una red de área local inalámbrica es un conjunto de dispositivos provisto de interfaces de red inalámbricas que se conectan entre si de manera directa en una configuración de red ad-hoc o por intermedio de un punto de acceso inalámbrico en el caso de las redes de infraestructura.

3.4.4 Red de área personal inalámbrica (WPAM)

Una red de área personal inalámbrica es la que permite la vinculación de dispositivos en un área reducida, o sea, cerca de la persona que la utiliza y hasta diez metros de distancia alrededor de esta, estos dispositivos se conectan directamente entre ellos formando una red ad-hoc. Hoy día las tecnología más utilizadas que conformas una red WAPM son el bluetooth, ZigBee, IrDA, etc.



3.5

Figura N° 8 Tipos de redes inalámbricas

Identificador del Conjunto de Servicios Extendidos (ESSID)

Este identificados comúnmente denominado SSID, en el “nombre” que se le da a una red inalámbrica y que puede ser visible, en el caso de que el punto de acceso lo difunda, por los dispositivos que requieren conectarse a la red cuando escanean el espectro de radio para descubrir redes inalámbricas disponibles. En redes del tipo ad-hoc se utiliza un identificador de conjunto de servicios básicos BSSID, y en una red del tipo infraestructura se utiliza el extendido, aunque frecuente mente se lo conoce y nombra solo por las siglas SSID, el mismo es un nombre o clave del tipo alfanumérica que identifica una red inalámbrica.

3.6 Estándares IEEE 802.11

3.6.1 IEEE 802.11b e IEEE802.11g

Como sugiere el nombre, WLAN, Wireless LAN es la creación de una red utilizando tecnología de radio. Esto, a su vez, significa que no se requiere cableado hasta el dispositivo final.

El sistema IEEE 802.11b, que actualmente es cada vez menos común, es un proceso que funciona en el rango de radiofrecuencia de 2,4 GHz. Este rango de frecuencia se eligió para poder penetrar lo mejor posible en partes del edificio con una potencia de transmisión baja que no sea dañina para la salud. WLAN transmite dentro de edificios con un máximo de 100 mW. En la banda de frecuencia libre de licencia de 2.400 a 2.485 GHz, 14 canales, cada uno con un ancho de banda de 22 MHz, están disponibles para 802.11b. En nuestro país se utilizan 11 canales. Cabe señalar que estos canales se superponen parcialmente y, por lo tanto, solo 3 canales (1, 6, 11) pueden ser utilizados sin interferencia mutua. Con WLAN 802.11b, todas las funciones de una red cableada son posibles. La única limitación es la baja capacidad de transmisión bruta de 11Mbps en 802.11b y de 54Mbps en 802.11g.

En el "modo de infraestructura", el punto de acceso inalámbrico (AP) es el punto central de la red basada en radio. Se asigna un nombre de red inalámbrica SSID (o ESSID) a la red inalámbrica. Los clientes pueden usar el SSID para diferenciar diferentes redes. El AP puede transmitir paquetes de datos con el SSID para permitir que los clientes encuentren una red existente. Los clientes WLAN pueden entonces registrarse con el AP e intercambiar datos a través del AP. En el cliente WLAN, se utiliza un adaptador inalámbrico como interfaz a la red inalámbrica para conectarse al AP. Sin embargo, también es posible conectar varios adaptadores inalámbricos sin un punto de acceso como una red "ad hoc".

3.6.2 IEEE 802.11a

El estándar IEEE 802.11a ofrece una velocidad máxima de transmisión de datos de 54 Mbps y funciona en la banda de 5 GHz, en la que está disponible un rango de frecuencia mayor (ancho de banda de 455 MHz) y, por lo tanto, se pueden utilizar 19 frecuencias que no se superponen. Este rango de frecuencia también se puede utilizar sin licencia en nuestro país. Debido a las diferentes frecuencias, los dos estándares 802.11a y 802.11b no son compatibles entre sí y no se pueden utilizar a través del mismo transmisor en el punto de acceso. Cada vez más puntos de acceso resuelven el problema al estar equipados con transmisores para ambos estándares. De esta manera, se pueden operar redes inalámbricas de acuerdo con ambos estándares y solo usar un AP para esto. En funcionamiento normal, se permite una potencia de transmisión de 30 mW según 802.11a. Sin embargo, con el control automático de potencia y la asignación dinámica de frecuencia, se permiten potencias de transmisión más altas de hasta 1000 mW. Los costos de hardware que utilizan este estándar es más altos debido a la frecuencia y las celdas de radio más pequeñas significan que 802.11a aún no ha prevalecido sobre 802.11b o g.

3.6.3 IEEE 802.11n

La matriz de especificación para el borrador de 802.11n fue aprobada en 2009 por un grupo de trabajo del comité IEEE. La especificación incluye conexiones inalámbricas de alta velocidad de hasta 600 Mbps, que se logra utilizando tecnologías como MIMO de multiplexación espacial,

formación de haces y sincronización de bloques de tiempo espacial (STBC). También está prevista la interoperabilidad total con todos los productos basados en los estándares 802.11a/b/g actuales. Como miembros de WiFi Alliance (WFA) donde se encuentran las principales marcas que producen equipamiento para redes inalámbricas apoyan la iniciativa WFA para certificar que los productos garanticen la compatibilidad con la especificación 802.11n. La norma fue finalmente ratificada a finales de 2009.

802.11n utiliza técnicas como Múltiple Entrada Múltiple Salida (MIMO), Codificación de bloques de espacio-tiempo (STBC) y "Beamforming" para la transmisión de datos. Esto permite lograr velocidades de datos más altas en distancias más grandes. Una serie de aplicaciones que requieren un alto rendimiento de datos y conexiones muy estables ahora también se harán realidad en las redes inalámbricas. Con la nueva tecnología, las transmisiones de video de alta resolución o las aplicaciones de respaldo de datos podrán usar conexiones aún más estables con un rango mejorado y configuraciones de seguridad más altas, como 802.11i (WPA2) con AES (Estándar de cifrado avanzado).

Las WLAN basadas en IEEE 802.11n forman la primera solución verdaderamente profesional para redes corporativas. Esto significa que la planificación e inversión se puede mantener durante varios años. Los predecesores de 802.11a/b/g tenían demasiadas deficiencias en la coexistencia y el rendimiento realmente alcanzable. La coexistencia de la banda congestionada de 2,4 GHz y la banda de 5 GHz ha demostrado ser alentadora para la evolución de la tecnología WiFi.

3.6.4 802.11n con MIMO en uso exterior

Para poder transmitir dos flujos de datos en paralelo con radio direccional exterior con 802.11n, se utilizan antenas especiales que utilizan dos direcciones de polarización giradas 90°. Estas antenas inclinadas dobles son dos antenas en una carcasa común. Por ejemplo, las radio bases de Altai A8n con sus paneles sectoriales (antena de diversidad de polarización de 2,4 GHz con 2 flujos espaciales, directividad de 70°, ganancia de 14 dBi). Teniendo en cuenta todas las funciones de rendimiento disponibles (modo turbo, ráfaga, compresión), los métodos anteriores logran un rendimiento de datos neto de aproximadamente 40 a 50 Mbit/s. Las conexiones P2P con 802.11n alcanzan hasta 90 Mbit/s de red utilizando antenas normales y un flujo de datos. Las antenas inclinadas duales transmiten dos flujos de datos separados y, por lo tanto, teóricamente hasta 180 Mbps netos. El rendimiento neto de datos observado en la práctica es de hasta 150 Mbps cuando se utilizan estas antenas de diversidad de polarización.

3.6.5 IEEE 802.11ac

Desde hace mucho tiempo, no solo las computadoras portátiles como notebooks, laptops o los teléfonos móviles empresariales utilizan una WLAN corporativa, cada vez se añaden más dispositivos finales privados pertenecientes a empleados y clientes. Es por eso que la próxima generación de WLAN está cada vez más cerca, porque el ancho de banda no puede ser reemplazado por nada excepto por más ancho de banda. La pregunta ahora es cómo se puede mejorar la infraestructura WLAN para ofrecer más ancho de banda a los usuarios?. Actualmente hay una versión candidata para esto: IEEE 802.11ac como evolución directa de 802.11n en la banda de 5 GHz

Esto promete velocidades de datos de hasta 7 Gbps por celda. Sin embargo, con 802.11ac, el rendimiento será significativamente menor en la práctica y ronda los 800 Mbps brutos en la primera generación. Una WLAN con IEEE 802.11ac funciona en el espectro de radio de 5 GHz, para el cual existe una asignación general en casi todo el mundo. Sin embargo, dado que IEEE 802.11ac genera una señal de 80 MHz o 160 MHz de ancho de banda (802.11n: 20/40 MHz), con la llegada de los dispositivos IEEE 802.11ac, pronto puede provocar una congestión en la banda de 5 GHz debido a que la banda de 5 GHz puede Solo caben dos señales paralelas de 160 MHz.

Sin embargo, el nuevo estándar 802.11ac será de particular interés para la comunicación inalámbrica rápida para clientes con requisitos de ancho de banda alto en un espacio relativamente pequeño, como salas de conferencias en universidades o eventos deportivos más grandes, porque el nuevo estándar brinda a los usuarios más velocidad y, por lo tanto, velocidades de datos mucho más altas para la transmisión de medios.

Algunos fabricantes ya ofrecen chips WLAN 802.11ac que pueden manejar tres flujos de datos al mismo tiempo y WLAN de doble banda según 802.11ac/a/b/g/n. Estos alcanzan velocidades de datos de hasta 1,3 Gbps. Los componentes existentes en el mercado de consumo con el estándar PRE IEEE 802.11ac (Draft 2.0) se han entregado desde mediados de 2012. IEEE 802.11ac se adoptó como estándar en noviembre de 2013. Por lo tanto, la decisión de invertir en equipos 802.11ac no debe posponerse demasiado, porque ya está claro que 802.11ac reemplazará a los estándares anteriores. Los costos de una expansión no son solo para los nuevos puntos de acceso, sino también para la infraestructura de red, generaciones posteriores de IEEE 802. 11ac tendrá una velocidad de datos muy por encima de 1 Gbps por celda, por lo tanto, la infraestructura troncal que alimenta a los AP debe convertirse a 10 GbE. Sin embargo, al comprar nuevos dispositivos WLAN, es importante asegurarse de que sean compatibles con IEEE 802.11ac o que puedan actualizarse, esto no solo garantiza una protección adecuada de la inversión, sino que también reduce el costo de cambiar al nuevo estándar.

Con IEEE 802.11ac, la tecnología de formación de haces garantiza conexiones e WLAN más estables: las antenas y el AP trabajan juntos para enviar una señal más fuerte en la dirección del usuario, las antenas WLAN convencionales suelen funcionar como antenas omnidireccionales, es decir, transmiten con la misma potencia en todas las direcciones, independientemente de si hay un receptor allí o no.

3.6.6 IEEE 802.11ax

Con el último estándar WLAN IEEE 802.11ax, se promoverá la digitalización e interconectividad de Internet de las cosas (IoT), en otras palabras, escenarios de alta densidad en los que una gran cantidad de clientes WLAN desean acceder a la red al mismo tiempo y necesitan ancho de banda. Algunas de las características de este estándar son

- 2,4/5 GHz con una velocidad de datos máxima de 9,6 GBps
- Acceso protegido Wi-Fi (WPA) 3 con encriptación mejorada
- Entrada múltiple, salida múltiple (MiMo)

Wi-Fi 6 viene con frecuencias de 2,4 y 5 GHz y velocidades de transferencia de datos más rápidas de 9,6 GBps, pero no solo hay velocidades de datos más rápidas sino también un nuevo estándar de seguridad WPA3 predeterminado.

El método MiMo (Multiple Input, Multiple Output) también se incluye en el estándar 802.11ax, que permite enviar y recibir datos de diferentes clientes al mismo tiempo utilizando la tecnología de múltiples antenas.

El WPA3 seguro que reemplaza el estándar WPA2 obsoleto. WPA3 usa encriptación de 192 bits (AES-256 en GCM) en WPA3-Enterprise y CCMP-128 (AES-128 en GCM) es la encriptación para redes WPA3 personales. La clave compartida previa se reemplaza con una Autenticación simultánea de iguales (SAE) y, por lo tanto, también ayuda contra las contraseñas incorrectas y simplifica la configuración de dispositivos Wi-Fi sin una interfaz de visualización directa.

3.6.7 IEEE 802.11ax mejorado

802.11ax Enhanced es una extensión del estándar 802.11ax. Un beneficio del avance está en el rango de frecuencia, ya que hay una densidad cada vez mayor de dispositivos Wi-Fi de 2,4/5 GHz que interfieren entre sí, ahora hay un nuevo rango de frecuencia, las nuevas antenas Wi-Fi 6e funcionan de manera óptima en la banda de 6 GHz a pesar de las áreas con alta densidad de usuarios. Otras ventajas son el tiempo de activación objetivo y las latencias más bajas, que son una gran ventaja para aplicaciones en tiempo real o realidad argumentada/realidad virtual. A medida que se utilizan más y más dispositivos de Internet de las cosas, la latencia y en ancho de banda son un activo real. Para poder usar esta tecnología se requiere el hardware compatible con el estándar en el AP y el cliente. La mayor desventaja es que el alcance se ve afectado, ya que las bandas de 6 GHz tienen un alcance más corto que las bandas de frecuencia convencionales de 2,4/5 GHz.

3.7 Seguridad en redes WiFi

Dado que los datos se transmiten desde el transmisor al receptor a través del espacio libre y, por lo tanto, teóricamente pueden ser interceptados y leídos por cualquier atacante, se debe prestar cada vez más atención a la seguridad de las redes inalámbricas. Debido al cifrado WEP (Wired Equivalent Privacy) de 128 bits de los sistemas WLAN, la transmisión de datos estaba básicamente garantizada al comienzo de la tecnología y la protección contra las escuchas se cumplía en gran medida. Gracias a los sistemas informáticos cada vez más rápidos y los nuevos procesos matemáticos, el cifrado WEP se puede descifrar cada vez en mayor medida y en cada vez menos tiempo, por lo tanto, el WEP de uso común ha resultado ser muy vulnerable en el pasado. Hace tiempo que se sabe que este mecanismo WEP utilizado en las primeras generaciones de hardware WLAN es obsoleto hoy en día. Por lo tanto, el cifrado WLAN se mejoró rápidamente. WPA usó componentes seleccionados de 802.11i, como un vector de inicialización extendido, reintroducción de claves o verificación de integridad de mensajes para reparar WEP.

Por lo tanto, el estándar IEEE 802.11i contiene muchas especificaciones de seguridad para redes inalámbricas, especialmente con respecto al cifrado. IEEE802.11i reemplaza WEP con

WPA (Acceso protegido Wi-Fi). Además, el estándar prescribe cómo usar el Estándar de cifrado avanzado (AES) para cifrar datos, Por lo tanto, cumple con las regulaciones de los Estándares Federales de Información Estadounidenses (FIPS). Sin embargo, la implementación de AES requiere hardware compatible que los fabricantes de dispositivos ya deben haber integrado en sus componentes, o firewalls adicionales para la tunelización AES.

Si se requiere aún más seguridad se puede utilizar una encriptación basada en hardware, como AES256 según WPA2 que ya está incluida en los últimos dispositivos o puede instalarse adicionalmente, como resultado, incluso los datos más confidenciales se pueden transmitir a través de un enlace de radio sin temor a la pérdida de datos.

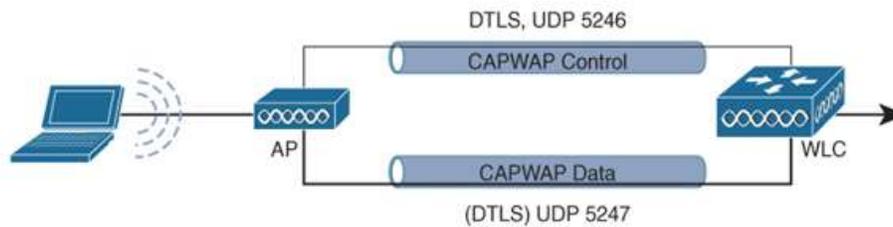
WPA2 es la implementación de un estándar de seguridad para redes de radio WLAN basado en el Estándar de cifrado avanzado (AES). Todos los dispositivos para ser certificados para WPA2 por Wi-Fi Alliance deben cumplir con el estándar IEEE 802.11i. WPA2 no solo proporciona un mejor cifrado, sino que también utiliza el "Protocolo de integridad de clave temporal" (TKIP). Además, se agregó el protocolo de encriptación CCMP a WPA2 además de TKIP, que ahora también habilita WPA2 en modo ad-hoc. Esto también debería reemplazar a TKIP a largo plazo. Hasta ahora, solo se conocen ataques de contraseña simples para WPA2. Por esta razón, se recomienda encarecidamente utilizar una contraseña críptica que tenga al menos 20 caracteres y no contenga palabras significativas.

WPA3 es el nuevo estándar de seguridad para redes WiFi basado en el Estándar de cifrado avanzado (AES). El algoritmo AES-256 está encriptado con GCM para el modo WPA3-Enterprise y AES-128 con GCM en el modo WPA3-Personal. En WPA3, la clave precompartida también se aplica mediante la Autenticación simultánea de iguales (SAE) para una mayor seguridad de las contraseñas de WiFi y una configuración simplificada de los dispositivos.

También se utiliza 802.1X basado en RADIUS para aumentar la seguridad. El estándar IEEE 802.1X proporciona un método general para la autenticación y autorización en redes IEEE 802. Esto se puede utilizar para identificar de forma única a los usuarios. En redes más grandes, el uso de RADIUS permite la administración central de usuarios, incluida la contabilidad, en este caso, el punto de acceso reenvía la solicitud de autenticación del cliente al servidor RADIUS y permite o deniega el acceso. WPA2 a través de RADIUS permite métodos de autenticación adicionales mediante el uso de EAP (Protocolo de autenticación extensible) y TTLS. Esta variante de WPA2 a menudo se denomina "Enterprise". El Consorcio WiFi ha establecido así su propio tipo de encriptación WLAN. En un sistema 802.1X con EAP-TLS, un dispositivo móvil, el solicitante, establece una sesión EAP-TLS y la comunicación con el punto de acceso (autenticador) se realiza a través de EAPOL, que encapsula los paquetes EAP-TLS. El punto de acceso y el servidor RADIUS se comunican entre sí a través de red LAN cableada. El punto de acceso actúa como un proxy para los paquetes EAP-TLS encapsulados y como un NAS (Network Access Server).

3.8 Protocolo CAPWAP

El protocolo CAPWAP es un estándar definido por la IEEE que permite que un wireless controller pueda administrar diferentes puntos de acceso inalámbricos, este protocolo encapsula el tráfico de datos de los usuarios de una red WiFi mediante la implementación de un túnel sobre el protocolo de transporte UDP, este túnel se establece desde los diferentes puntos de acceso de la infraestructura WiFi hasta el controlador wireless. Este protocolo permite también la administración centralizada de los puntos de accesos y al establecer un túnel para el tráfico de los usuarios WiFi, los puntos de acceso que componen la red pueden estar en diferentes segmentos de red siempre y cuando tengan conectividad de capa 3 hasta el controlador, pudiendo desplegar redes WiFi y puntos de acceso en diferentes sitios incluso a través de un enlace de internet. Cuando se utiliza este protocolo el tráfico de red de los usuarios termina saliendo hacia otras redes a través del controlador WiFi. Este protocolo utiliza el puerto UDP 5246 para control y el puerto UDP 5247 para el tráfico de datos.



CAPITULO IV

DESARROLLO

Capítulo IV: Desarrollo

4.1 Requisitos:

El propósito de este proyecto es desplegar un red WiFi publica en las playas de la ciudad para proporcionar acceso a internet al público en general que visita las mismas durante todo el año y especialmente en verano.

Los requisitos para este proyecto serán:

La red Wifi deberá ser capaz de proveer acceso a internet a los usuarios de las playas públicas de la ciudad de Colon

La acometida del servicio de acceso a internet se hará en el edificio municipal en la calle 12 de abril 500 y la conectividad entre las zonas a brindar el servicio y este sitio se hará mediante un radio enlace debido a la inviabilidad técnica y económica de realizar un tendido de fibra óptica hasta las zonas donde se pretende ofrecer el servicio

Cuando sea posible se utilizará infraestructura existente, torres, columnas, energía, etc.

Todos los equipos por utilizar tienen que cumplir las normativas nacionales vigentes

Se estima, según estadísticas de la oficina de turismo de la ciudad, que en temporada alta concurren a la playa alrededor de 10000 personas.

Las zonas a brindar servicio WiFi son las playas sur balneario Santiago Inkier, playa nueva, playa onda y la playa norte, exceptuando el balneario Club Piedras Coloradas el cual esta concesionado a una administración privada.

4.2 Determinación de la cantidad de usuarios

A los fines de determinar con la mayor exactitud posible la cantidad de usuarios reales que utilizaran el servicio y dimensionar de manera adecuada la red WiFi para dar conectividad a los mismos, se realizó una encuesta dirigida a los turistas que arribaron a la ciudad de Colon del 14 al 17 de abril de corriente año (semana santa). Dicha encuesta se realizó en el acceso a la ciudad de Colon donde se encuentra la oficina de información turística. En dicha encuesta se contabilizó la cantidad de personas por grupo familiar que arribaban a la ciudad, a que franja etaria pertenecían, se les consultó si tenían previsto visitar las playas de la ciudad y en el caso de que la respuesta fuera afirmativa, si utilizarían, en el caso de estar disponible, un servicio de acceso a internet WiFi público y gratuito.

El resultado de dicha encuesta se vuelca en la siguiente grafico:

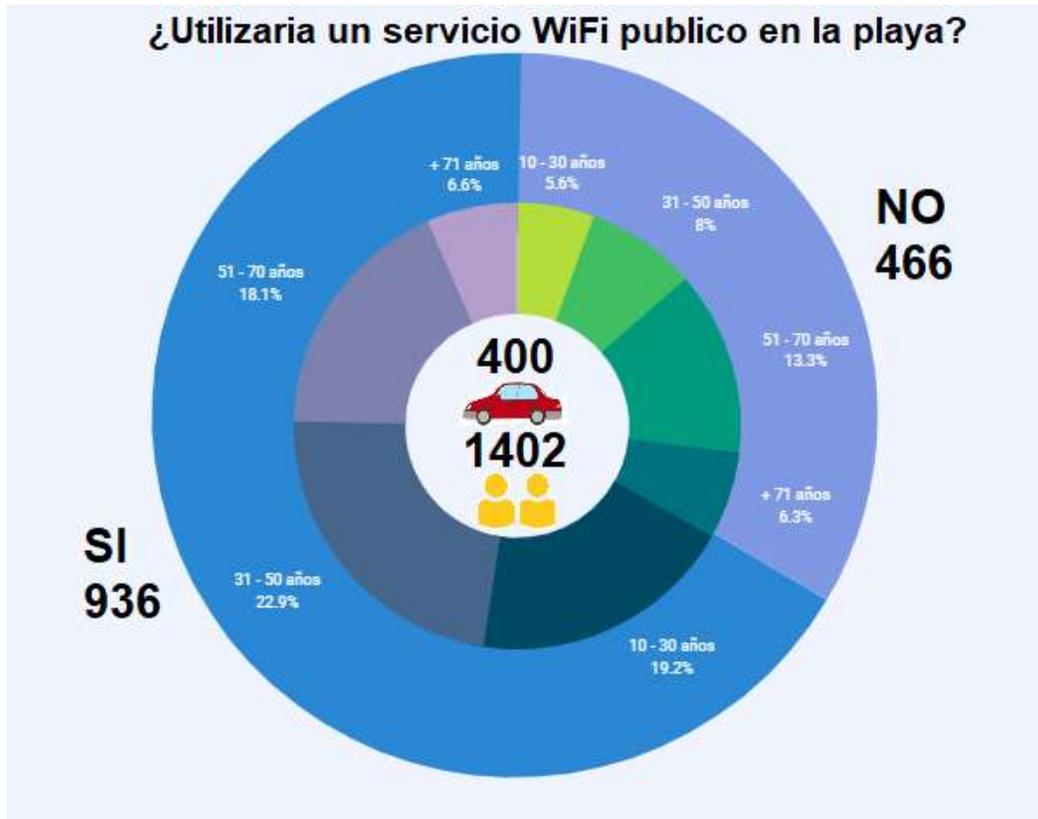


Figura N° 9 Resultado de la encuesta en porcentajes por grupo etario

	Grupo etario	Cantidad
NO	10 - 30 años	78
NO	31 - 50 años	112
NO	51 - 70 años	187
NO	+ 71 años	89
SI	10 - 30 años	269
SI	31 - 50 años	321
SI	51 - 70 años	254
SI	+ 71 años	92
	Total	1402

Figura N° 10 Resultado de la encuesta en cantidad de personas por grupo etario

De un total de 400 vehículos encuestados, 1402 personas, 466 respondieron que no utilizarían un servicio de WiFi en la playa mientras que 936 personas respondieron que, si lo utilizaran, por lo que del total de la muestra (100%) un 67% utilizaría el servicio WiFi. Teniendo en cuenta este valor y considerando, como se mencionó anteriormente, un aforo de 10000 personas por día aproximadamente, diseñaremos la red para dar soporte a 8000 usuarios.

4.3 Análisis topográfico:

Para poder brindar conectividad en la zona de playas hay que diseñar una red de transporte cuya función es la de conectar la zona WiFi donde se dará servicio y el acceso a internet situado en el palacio municipal. Para esto tendemos que montar torres de comunicaciones, una en el palacio municipal y otras cercanas a las zonas donde se instalaran los APs, en otras palabras, cerca de las playas, en estas torres se montaran los equipos y antenas que conformaran la red de transporte.

Para poder ubicar de manera precisa las torres de comunicaciones y dimensionar su altura es necesario realizar un análisis del terreno donde obtengamos una medida de las alturas y perfil de este. Comenzamos ubicando en el mapa un punto medio de cada zona de playas (zonas amarillas) y la ubicación del edificio del palacio municipal para así obtener sus coordenadas geográficas.

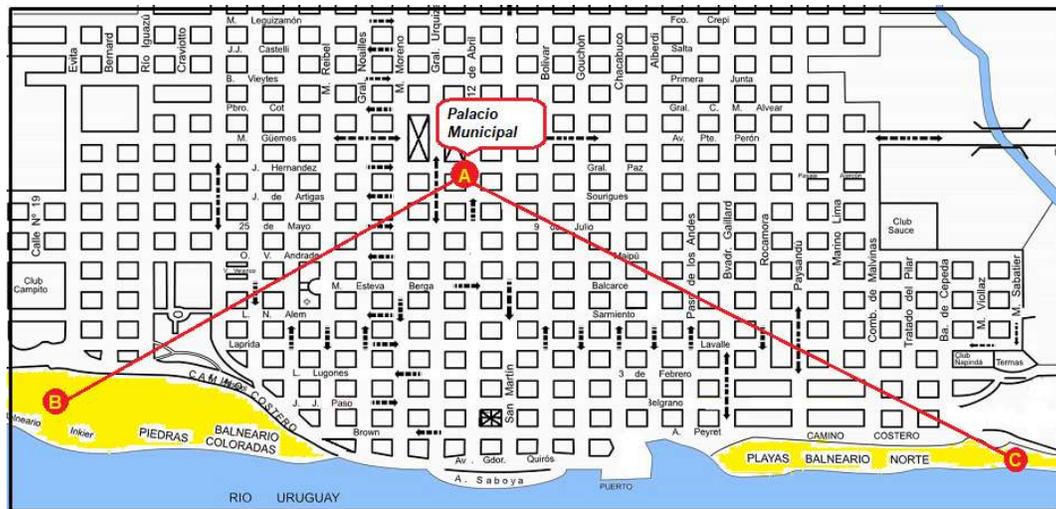


Figura N° 11 Plano de la ciudad de colon y puntos de referencia

Mediante el programa Google earth nos posicionaremos en dichos y vamos a extraer un perfil del terreno para ver las alturas de este.

En los siguientes gráficos vemos el perfil del terreno de cada una de las trazas en color rojo de la figura anterior.

La siguiente imagen corresponde a la traza que va desde el palacio municipal, indicado con la letra "A", hacia la playa sur, indicada con la letra "B".



Figura N° 12 Perfil topográfico Edificio Municipal - Balneario Sur

Como podemos observar entre los dos puntos "A" y "B" hay una diferencia de altura de 20 metros, alturas que debemos tener en cuenta al momento de dimensionar las torres para el enlace de radio entre ambos puntos.

De la misma forma obtenemos el perfil del terreno desde el palacio municipal hacia la playa Norte, este es coincidente con la traza entre los puntos "A" y "C".

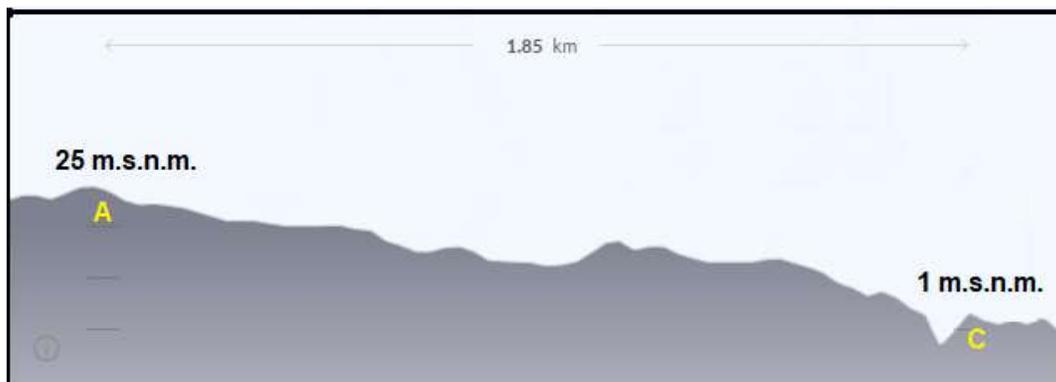


Figura N° 13 Perfil topográfico Edificio Municipal - Balneario Norte

En este caso el perfil del terreno nos muestra una diferencia de altura entre los puntos "A" y "B" de 24 metros.

Hasta aquí ya contamos con los perfiles de terreno que utilizaremos para el diseño de la red de transporte desde el sitio donde tendremos el acceso a internet y la zona a dar servicio de wifi.

4.4 Arquitectura de la red

La arquitectura de la red propuesta en este proyecto se separa para su estudio en tres secciones las cuales son red de transporte, red de distribución o backhaul y red de acceso, la primera comprende es diseño de la parte de la red que vinculara el sitio de acometida del servicio a internet y las zonas donde se brindara la cobertura Wifi, dimensionamiento de equipos, enlaces de radio, torres. La segunda sección consiste en la selección de los dispositivos que vinculara la red de acceso con la red de transporte, y por último la red de acceso que involucra el estudio de la cobertura, ubicación de los puntos de acceso, canales de frecuencia a utilizar y antenas.

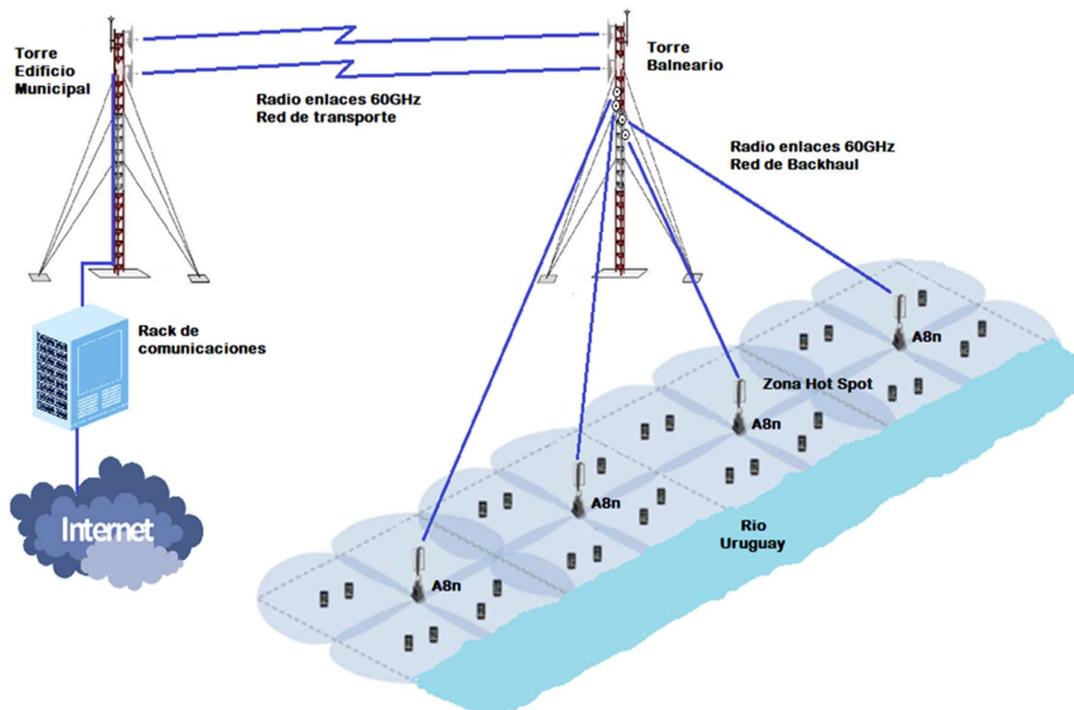


Figura N° 14 Esquema de la arquitectura de la red

4.5 Red de transporte

La red de transporte es la que permitirá llevar el tráfico de datos desde el punto donde acomete el servicio de Internet por parte del proveedor de local, en este caso Telecom, hasta la zona donde se requiere brindar el servicio de WiFi. Dicha red de transporte está compuesta por dos radios enlaces interferentes, uno a cada playa, que constituirá el backbone de la infraestructura de red.

Para comenzar a diseñar la red, en primer lugar, utilizando los perfiles de terreno obtenidos anteriormente procederemos a seleccionar el lugar donde se montarán las torres de telecomunicaciones del extremo "playa". Para esto necesitamos, por un lado, conocer las

alturas del terreno y, por otro, necesitamos conocer la altura de las torres que vamos a necesitar para cada sitio. Para esto relevaremos la torre existente en el edificio Municipal de la ciudad, lugar de acometida del servicio de Internet. En este lugar se dispone de una torre arriostrada de 180 mm de lado, compuesta por 12 tramos de 2,5 metros cada uno que nos da una altura total de 30 metros. Dicha torre se encuentra emplazada sobre el techo del edificio adicionando a la altura de la torre 6 metros.



Figura N° 15 Torre de comunicaciones de la municipalidad de Colon

Teniendo como dato la altura de la torre, se procede a realizar un relevamiento de construcciones y arbolado de la ciudad en las cercanías a la traza que unirá el punto antes mencionado con la ubicación de las torres en ambas playas. Colon se caracteriza por ser una ciudad de casas bajas, sin edificaciones altas, las cuales no superan las dos plantas. En cuanto al arbolado publico las especies que más abundan son los “plátanos” y las “tipas”, arboles cuya altura, en la ciudad, ronda los 25 metros.

Si analizamos los perfiles del terreno que obtuvimos anteriormente podemos observar que la altura del terreno donde está emplazada la torre existente es de unos 25 m.s.n.m. y también observamos que la altura del terreno, como es de esperarse por ser una zona costera, comienza a descender a medida que nos aproximamos a la costa del río Uruguay. Por lo tanto, la altura máxima corresponde al edificio municipal donde tenemos emplazada la torre de comunicaciones existente, por lo que ningún punto del terreno desde este punto hacia la zona

donde se montaran las torres será mas alto. Partiendo de esto, relevamos en sitio y ubicamos en la imagen satelital algún obstáculo, ya sea edificio o vegetación, que pueda presentar un obstáculo a considerar a la hora de calcular la altura de las torres en la zona costera.

En lo que respecta a la traza hacia la playa sur, vemos una elevación en el terreno, que, si bien tiene una cota menor que el lugar donde esta la torre en el edificio municipal se aproxima bastante, y es en este punto donde tenemos que relevar posible edificación o vegetación.

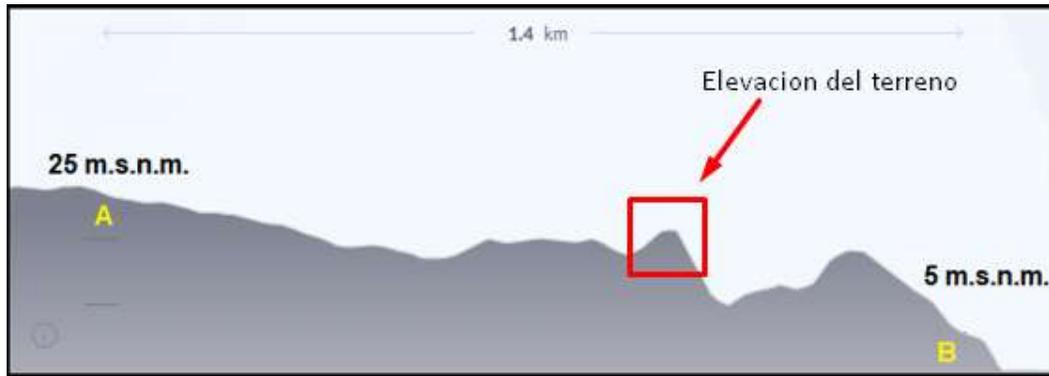


Figura N° 16 Elevación del terreno en la traza hacia el balneario sur

Analizando la imagen satelital encontramos, como se ve en la siguiente imagen, que esa elevación corresponde a la zona del parque “Dr Herminio J. Quiroz”

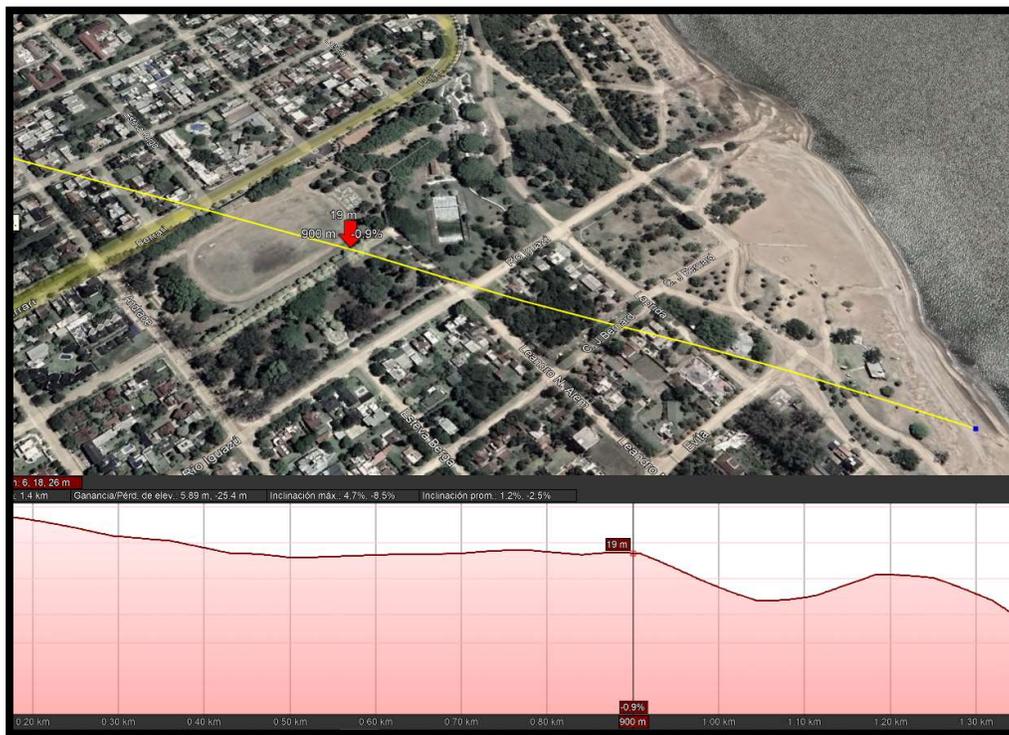


Figura N° 17 Vista aérea del punto de elevación máxima del terreno

Este parque cuenta con una gran variedad de árboles, siendo las “tipas” la especie de mayor altura en dicho lugar, aproximadamente 25 metros, dato que necesitaremos para el diseño de nuestro radioenlace.

4.5.1 Determinación de las zonas de Fresnel

La teoría sobre la propagación de las ondas electromagnéticas en el espacio nos dice que en algún punto de observación M, las ondas secundarias de la esfera de onda (frente de onda), cuando se suman, interfieren con las amplitudes y las relaciones de fase de sus componentes

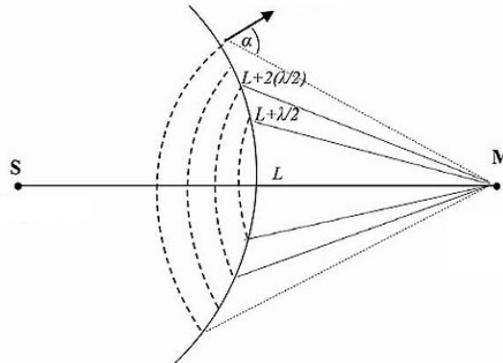


Figura N° 18 Propagación del frente de onda electromagnético

Para analizar este proceso, Fresnel introdujo zonas que llevan su nombre. Según Fresnel, estas zonas dividen la esfera de ondas en consecuencia, formando la primera (principal) zona de Fresnel, en la que se transmite la mayor parte de la energía de las ondas (tanto luminosa como electromagnética). Además, hay una segunda, tercera zona, etc. Las propiedades especiales de estas zonas son que la diferencia en la trayectoria de las ondas que llegan al punto de observación M desde cualquier zona vecina es igual a $\lambda / 2$ (λ es la longitud de onda de oscilación), y la diferencia de fase

$$\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{2} = \pi$$

Al agregar oscilaciones desfasadas unidireccionales las zonas de Fresnel pares e impares se cancelan entre sí, a pesar de este hecho, las amplitudes de las ondas secundarias emitidas por las zonas (sus áreas) son diferentes en el punto M debido a la diferencia en los ángulos. Como se puede ver en la anterior figura, a medida que aumenta el número de zona, este ángulo aumenta y la amplitud de la onda secundaria disminuye. Así, cuanto mayor sea el número de la zona de Fresnel, menor será la contribución a la amplitud total que hace, además, se encontró

que las ondas provenientes de todos los puntos de cualquier zona de Fresnel no tienen exactamente las mismas fases en el punto de observación, lo cual se debe a las características meteorológicas (climáticas) y eléctricas del medio de propagación.

En relación con nuestro interés, la zona de Fresnel es la sección de un elipsoide de revolución, cuyo volumen es ocupado por una onda de radio en proceso de propagación en el espacio. Es decir, de acuerdo con el modelo de Fresnel, la región de propagación de una onda de radio entre los dispositivos transmisor y receptor está limitada a un elipsoide de revolución alrededor de la línea que los conecta, con un radio máximo en la mitad del tramo.

Este elipsoide tiene varias capas y puede incluir muchas zonas. El tamaño de cualquiera de estas zonas depende inversamente de la frecuencia de la señal y de las distancias D1 de ésta al transmisor (TX) y D2 al receptor (RX).

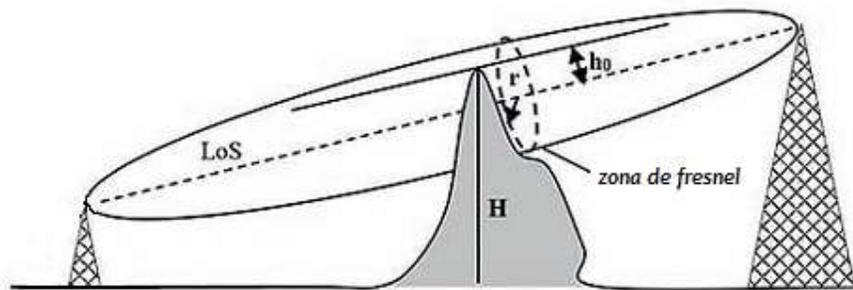


Figura N° 19 Elipsoide de Fresnel

La primera zona de Fresnel (la más cercana a la línea de visión LoS) se considera dominante, ya que contiene una parte importante de la energía transmitida. Su tamaño (radio r) está determinado por la siguiente relación

$$r_1 = 17,3 \sqrt{\frac{D_1 \cdot D_2}{f \cdot (D_1 + D_2)}}$$

donde r 1 es el radio de la primera zona de Fresnel (m);

f - frecuencia de la señal (GHz);

D1, D2 - las distancias arriba indicadas (km).

Varios obstáculos H (suelo, colinas, árboles, edificios, postes, etc.) que caen en la zona de Fresnel debilitan la señal de radio. El grado de tal debilitamiento depende de qué parte de esta

zona (holgura h) oscurece el obstáculo. Cuantitativamente, el juego relativo está determinado por la relación

$$c = - \frac{h_0}{r}$$

Por ejemplo, si $h_0 = r$, entonces el obstáculo cubre completamente la zona de Fresnel (100%). En general, se cree que sombrear menos del 40 % de la zona de Fresnel conduce a una atenuación de la señal insignificante, mientras que cubrir la parte inferior de la zona de Fresnel con un relieve plano de más del 75 % conduce a una atenuación de la señal de hasta 20 dB o más. En la práctica de calcular trayectos de radio, se considera aceptable el 60% del cierre de la zona de Fresnel.

Entonces, en relación con el problema en consideración, tendremos en cuenta dos factores principales: en primer lugar, esta es la presencia de componentes desfasados que interfieren (los componentes de los números pares de zonas de Fresnel se suman, los números impares se restan mutuamente), en segundo lugar, con un aumento en el número de la zona de Fresnel, la contribución que hace a la señal total en el punto de observación (en el punto de colocación de un RES potencialmente incompatible). Como ya se señaló, en este sentido, la primera zona de Fresnel es la principal, por regla general, se considera en los problemas de cálculo (planificación) de enlaces de radio y EMC. Partiendo de esto, en el problema es suficiente limitarnos sólo a las dos primeras zonas de Fresnel.

4.5.2 Selección frecuencia

Para la selección de la banda de frecuencia a utilizar en el radioenlace consultamos en el ente nacional de comunicaciones ENACOM que bandas de frecuencia se pueden utilizar sin necesidad de autorización por parte de este organismo.

Según el sitio web enacom.org.ar:

“Se pueden definir como bandas de frecuencias en las que se permite la operación de dispositivos de radiocomunicaciones, sin una autorización individual de cada estación tal que asegure la asignación de una frecuencia o canal para uso exclusivo de la misma. La banda se destina íntegramente a tales dispositivos, sin subdivisión de canales, estableciéndose ciertos requerimientos básicos de convivencia, tales como límites de potencia.”

La coordinación corre por cuenta de los usuarios, pero se apoya principalmente en la inmunidad contra interferencias, propia de la tecnología empleada, y el modo de acceso múltiple a la banda.

La Resolución del Ministerio de Modernización N° 581/18 establece que las bandas de frecuencias radioeléctricas detalladas a continuación se declaran de uso compartido en el ámbito del territorio nacional y no requieren de autorización para su uso, debiendo respetarse las condiciones y parámetros técnicos de emisión establecidas por el Ente Nacional de Comunicaciones en la Resolución N° 4653/19”

915 – 928 MHz

2400 – 2483.5 MHz

5150 – 5250 MHz

5250 – 5350 MHz

5470 – 5600 MHz

5650 – 5725 MHz

5725 – 5850 MHz

57000 – 71000 MHz

“La compartición de bandas de frecuencias se traduce en un uso eficiente del espectro radioeléctrico cuando coexisten diferentes tecnologías de adquisición de datos en las mismas. De este modo se proporciona una herramienta eficiente de gestión del espectro radioeléctrico, especialmente orientada al desarrollo de nuevas tecnologías y aplicaciones de Internet de las Cosas, entre otras.”

Como vimos anteriormente el radio de las zonas de Fresnel, es inversamente proporcional a la frecuencia que utilicemos, dicho de otra manera, cuanto mayor es la frecuencia de trabajo menor será el radio de las zonas de Fresnel, y en particular la primera zona que debemos despejar de todo obstáculo. Por otro lado, los estándares de WiFi que vimos utilizan las bandas de 2.4 y 5 Ghz para operar, por lo que, para reducir interferencias causadas por una saturación del espectro en dichas frecuencias, utilizaremos la banda de 57000 – 71000 MHz para la operación del radioenlace de la red de transporte.

4.5.3 Dimensionamiento de las torres

En primer lugar, definiremos la ubicación de la torre que se emplazará en la playa “Balneario Sur”, por la cercanía a la zona donde se dará el servicio de WiFi y por tratarse de un lugar alto y de propiedad municipal se eligió el punto referenciado en la siguiente imagen.



Figura N° 20 Distancia desde e obstáculo a la torre del balneario sur

Las coordenadas geográficas de dicho punto son: Latitud 32°13'39.06", Longitud 58° 7'46.65" y está situado a 300 metros en línea recta de la zona mas alta de la traza ubicada en el parque “Dr. Herminio J. Quirós” y a 1,2 kilómetros de la torre situada en el edificio municipal. Con estas distancias y tomando 65 Ghz como frecuencia central de la banda de 57000 – 71000 MHz procederemos a calcular el radio de la primera zona de Fresnel en la zona de máxima altitud del terreno utilizando la siguiente ecuación.

$$r_1 = 17,3 \sqrt{\frac{D_1 \cdot D_2}{f \cdot (D_1 + D_2)}}$$

donde r 1 es el radio de la primera zona de Fresnel (m);

f - frecuencia de la señal (GHz) que en este caso es 65 GHz

D1 la distancia en kilómetros desde la torre ubicada en el palacio municipal y la zona de máxima elevación del terreno

D2 la distancia en kilómetros desde la torre ubicada en la zona de la playa “Balneario Sur”

$$r_1 = 17,3 \sqrt{\frac{0.9 \text{ km} \cdot 0.3 \text{ km}}{65 \text{ GHz} \cdot (0.9 \text{ km} + 0.3 \text{ km})}} = 1,01 \text{ mts}$$

Habiendo obtenido el radio de Fresnel en la zona de mayor elevación del terreno y sumándole la altura de los obstáculos (arboles) que alcanzan los 25 metros de alto, nos da como resultado, agregando 5 metros de margen, un despeje del haz con respecto al suelo de 31 metros en dicha zona.

Con estos datos procederemos a calcular la altura de la torre del lado de la playa “Balneario Sur” utilizando para este propósito la siguiente ecuación:

$$h_{ant1} = \frac{d}{d_2} (r_1 + h_{obs} + F.C.) - \frac{d_1}{d_2} (h_2 + h_{ant2}) + F.C - h_1$$

Donde:

h_{ant1} es la altura de la torre que se quiere establecer en metros

h_{ant2} es la altura de la torre existente en metros

d es la distancia ente los dos puntos en metros

d_1 y d_2 es la distancia desde la ubicación de la antena 1 y 2 respectivamente al obstáculo

h_1 y h_2 es la altura del terreno en los puntos donde se sitúan las torres

h_{obs} es la altura del obstáculo mas la altura del terreno en ese punto en metros

r_1 es el radio de Fresnel en el punto donde se encuentra el obstáculo

$F.C$ es el factor de corrección debido a la curvatura de la tierra, para calcular este factor de corrección se utiliza la siguiente ecuación

$$F.C = \frac{d_1 d_2}{2ka}$$

Donde k es una constante de Tierra ficticia, para nuestra zona su valor es 4/3 en condiciones de atmósfera estándar

a : es el radio de la Tierra (aproximadamente 6370 km)

d_1 y d_2 es la distancia desde la ubicación de la antena 1 y 2 respectivamente al obstáculo

El factor de corrección puede despreciarse para enlaces interferentes menores a 10km de distancia, por lo que en este caso no aplica.

Teniendo en cuenta que las antenas no estarán ubicadas en el extremo de la torre de 30mts y teniendo en cuenta que se necesitarán dos enlaces, uno a cada sector de playa, y que la torre está montada sobre una edificación de 6 metros de altura, realizaremos los cálculos tomando 30 metros como altura de la antena ubicada en la torre existente. Cabe aclarar que esta altura corresponde a la distancia desde el suelo hasta el punto donde estará ubicada la antena por lo que sobre esta tendremos espacio para colocar otros equipos u antenas.

Con todos estos datos procederemos al cálculo de la altura de la torre ubicada en la playa “Balneario Sur”, para esto vamos a agrupar los datos necesarios:

$$h_{ant1} = \text{incógnita}$$

$$h_{ant2} = 30 \text{ metros}$$

$$d = 1200 \text{ metros}$$

$$d_1 = 300 \text{ metros}$$

$$d_2 = 900 \text{ metros}$$

$$h_1 = 15 \text{ metros}$$

$$h_2 = 25 \text{ metros}$$

$$h_{obs} = 44 \text{ metros}$$

$$r_1 = 1.1 \text{ metros}$$

$$F.C = 0$$

$$h_{ant} = \frac{1200}{900} (1.1 + 44) - \frac{300}{900} (25 + 30) - 15 = 26,8 \text{ metros}$$

La altura de la torre ubicada en la zona del “Balneario Sur” tendrá una altura de 27 metros.

A continuación, calcularemos la altura de la torre que se ubicara en el “Balneario Norte”, para esto tendremos que definir la ubicación de la torre, para esto vamos a analizar el perfil del terreno, de esta manera comprobamos que la traza hacia esta zona no presenta ninguna elevación del terreno u obstáculo que pueda causar algún problema a la hora del cálculo del radio enlace.



Figura N° 21 Traza y perfil topográfico desde el edificio municipal al balneario norte

En este sector la torre se ubicará en el predio del complejo termal de Colon, el cual es de propiedad municipal y cuenta con suministro de energía eléctrica por parte de la empresa distribuidora local. Otro aspecto por el cual se elige esta ubicación se debe a que el montaje de una torre en la cercanía de las playas rompería la estética agreste del entorno.

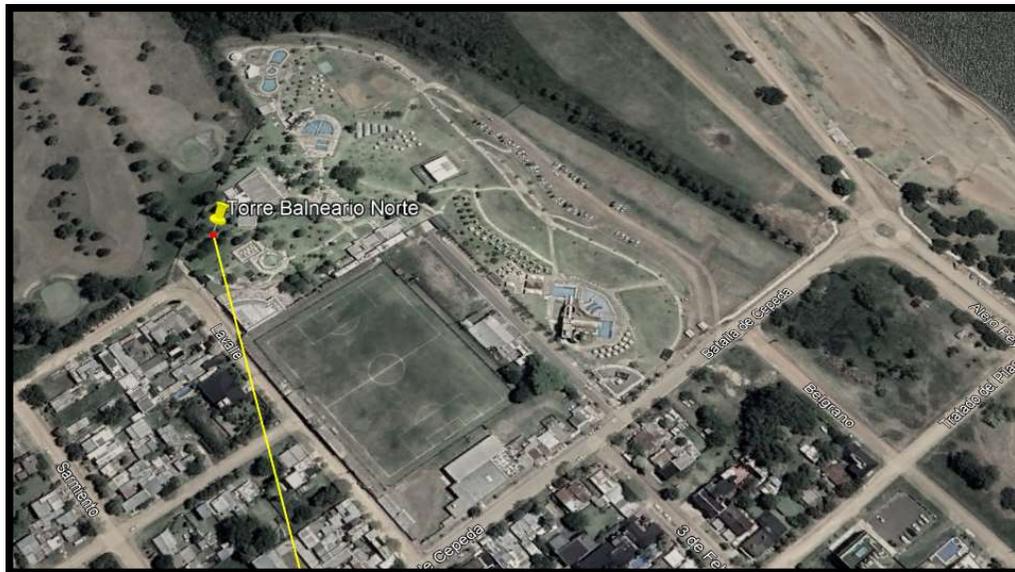


Figura N° 22 Lugar de instalación de la torre de comunicaciones del balneario norte

Este punto se sitúa a 1,77 km del edificio municipal, las coordenadas geográficas son latitud 32°12'33.18", longitud 58° 8'52.61" y la altura del terreno en dicho punto es de 11 metros sobre el nivel del mar. Teniendo en cuenta estos datos y relevando que en la traza descrita no hay obstáculos ni elevaciones del terreno, consideraremos a los fines del cálculo, una altura de

15 metros, correspondientes a las edificaciones de la ciudad, como obstáculo ubicado en el punto medio.

A continuación, calculamos el radio de la primera zona de Fresnel en el centro de la traza utilizando la ecuación anteriormente descrita, esto es a los 885 metros de distancia de ambos extremos y para una frecuencia de trabajo de 65 GHz.

$$r_1 = 17,3 \sqrt{\frac{0.885 \text{ km} \cdot 0.885 \text{ km}}{65 \text{ GHz} \cdot (0.885 \text{ km} + 0.885 \text{ km})}} = 1,43 \text{ mts}$$

Por lo tanto, tenemos:

h_{ant1} = incógnita

h_{ant2} = 30 metros

d = 1770 metros

d_1 = 885 metros

d_2 = 885 metros

h_1 = 11 metros

h_2 = 25 metros

h_{obs} = 34 metros (19 metros altura del terreno en el punto medio mas 15 metros de altura correspondientes a las edificaciones de la ciudad)

r_1 = 1.43 metros (en el centro de la traza)

$F.C = 0$

$$h_{ant1} = \frac{1770}{885} (1.43 + 34) - \frac{885}{885} (25 + 30) - 11 = 4.9 \text{ metros}$$

De esta ecuación obtenemos como resultado que la altura necesaria de la torre es de aproximadamente 5 metros, considerando que en las inmediaciones del lugar hay viviendas y arbolado público, y, que dicha torre tendrá que ser visible desde la zona de playas donde se montaran los puntos de acceso a la red WiFi, será necesario un despeje mayor, por lo que la altura de la torre en esta ubicación será de 21 metros.

4.5.4 Selección equipamiento para el radio enlace

Partiendo de la banda frecuencia de trabajo seleccionada que va desde 57000 a 71000 MHz seleccionaremos el equipamiento para el enlace.

En nuestro país se comercializan equipos de diferentes marcas y modelos, siendo “Ubiquiti” una de las más empleadas en la actualidad por proveedores de servicios de internet inalámbricos, la misma cuenta con distribuidores oficiales en nuestro país, soporte y capacitación.

Ubiquiti Network es una empresa estadounidense dedicada a la fabricación y comercialización de equipamiento de redes cableadas e inalámbricas, en su gama de productos para enlaces de datos en la banda de 60GHz encontramos los siguientes equipos:

Equipo	Descripción
	<p>UISP airMAX GigaBeam Plus 60 GHz Radio</p> <p>El GigaBeam® Plus (GBE Plus) es una radio de 60 GHz que se puede utilizar como una solución backhaul/edge point-to-point (PTP) de alto rendimiento en implementaciones WISP. Con su reflector Cassegrain integrado, GBE Plus ofrece una ganancia de antena de 35 dBi y puede superar una tasa de rendimiento bidireccional de 1,5 Gbps con una latencia muy baja.</p>
	<p>UISP airFiber 60 LR</p> <p>El airFiber 60 LR utiliza la tecnología Wave para establecer enlaces de más de 12 km y puede alcanzar una tasa de rendimiento máxima de 1,9 Gbps.</p>

Figura N° 23 Equipos Ubiquiti de 60GHz

Para esta implementación utilizaremos el equipo “UISP airFiber 60 LR”. El mismo es un radio que opera en la banda de 60GHz cuya hoja de datos se adjunta en el apartado “Anexos”

4.5.5 Orientación de las antenas

Estos enlaces de radio conforman la red de transporte que vincula la zona Hot spot de ambos sectores balnearios y el edificio municipal de la ciudad de Colon donde se encuentra el acceso a Internet y servidores. Esta red consiste básicamente, como ya mencionamos en un radio enlace de 60 GHz que vincula ambos sectores los cuales están separados una distancia de 1,2 Km para el Balneario Sur y 1,77 Km para el Balneario Norte. Para calcular la orientación de las antenas utilizamos las coordenadas los puntos, las mismas se pueden obtener mediante la utilización de un GPS o, en su defecto, de la aplicación Google Earth.

Coordenadas de la Antena ubicada en el Balneario Sur

Latitud: 32°13'39.06" (LatB)

Longitud: 58° 7'46.65" (LonB)

Coordenadas de la Antena ubicada en el Balneario Norte

Latitud: 32°12'33.18" (LatC)

Longitud: 58° 8'52.61" (LonC)

Coordenadas de la antena ubicada en el edificio municipal de la ciudad de Colon.

Latitud: 32°13'27.11" (LatA)

Longitud: 58° 8'30.34" (LonA)



Figura N° 24 Puntos de referencia de ubicación de las antenas

A continuación, procedemos a calcular el acimut para las antenas ubicadas en los puntos "A" y "B".

Para la antena que se halla ubicada más al Oeste, en este caso la que se encuentra en el palacio municipal utilizamos la siguiente ecuación:

$$Ac_A = \cos^{-1} \left[\frac{\cos Lat_A \cdot \cos (Lon_B - Lon_A) \cdot \text{sen } Lat_A - \cos Lat_A \cdot \text{sen } Lat_B}{\sqrt{t^2 + u^2}} \right]$$

donde:

$$t = \cos Lat_B \cdot \text{sen} (Lon_B - Lon_A)$$

$$u = \cos Lat_A \cdot \cos (Lon_B - Lon_A) \cdot \text{sen } Lat_A - \cos Lat_A \cdot \text{sen } Lat_B$$

Reemplazando por los valores de latitud y longitud obtenidos anteriormente para los puntos "A" y "B" no queda:

$$Ac_A = \cos^{-1} \left[\frac{\cos 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \cos (58^\circ 7' 46.65'' - 58^\circ 8' 30.34'') \cdot \text{sen } 32^\circ 13' 27.11'' - \cos 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \text{sen } 32^\circ 13' 39.06''}{\sqrt{t^2 + u^2}} \right]$$

$$t = \cos 32^\circ 13' 39.06'' \cdot \text{sen} (58^\circ 7' 46.65'' - 58^\circ 8' 30.34'')$$

$$u = \cos 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \cos (58^\circ 7' 46.65'' - 58^\circ 8' 30.34'') \cdot \text{sen } 32^\circ 13' 27.11'' - \cos 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \text{sen } 32^\circ 13' 39.06''$$

$$Ac_A = 103^\circ 1' 47,54''$$

Para la estación que se halla ubicada más al este, que en este caso corresponde a la antena ubicada en la playa Sur, punto "B", utilizamos la siguiente ecuación:

$$Ac_B = 180 + \cos^{-1} \left[\frac{\cos Lat_B \cdot \text{sen } Lat_A - \cos Lat_A \cdot \cos (Lon_A - Lon_B) \cdot \text{sen } Lat_B}{\sqrt{v^2 + w^2}} \right]$$

donde:

$$v = \cos Lat_A \cdot \text{sen} (Lon_A - Lon_B)$$

$$w = \cos Lat_A \cdot \cos (Lon_A - Lon_B) \cdot \text{sen } Lat_B - \cos Lat_B \cdot \text{sen } Lat_A$$

Reemplazando nos queda:

$$Ac_B = 180 + \cos^{-1} \left[\frac{\cos 32^\circ 13' 39.06'' \cdot \text{sen } 32^\circ 13' 27.11'' - \cos 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \cos (58^\circ 8' 30.34'' - 58^\circ 7' 46.65'') \cdot \text{sen } 32^\circ 13' 39.06''}{\sqrt{v^2 + w^2}} \right]$$

$$v = \cos 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \text{sen } (58^\circ 8' 30.34'' - 58^\circ 7' 46.65'')$$

$$w = \cos 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \cos (58^\circ 8' 30.34'' - 58^\circ 7' 46.65'') \cdot \text{sen } 32^\circ 13' 39.06'' - \cos 32^\circ 13' 39.06'' \cdot \text{sen } 32^\circ 13' 27.11''$$

$$Ac_B = 72^\circ 5' 2.6''$$

De la misma forma calcularemos el acimut de las antenas para el enlace entre el punto "A" y "C", correspondiente al radio enlace entre la municipalidad y la playa Norte, para esto utilizamos la siguiente ecuación siendo nuevamente la estación "A" la que esta situada mas al oeste:

$$Ac_A = \cos^{-1} \left[\frac{\cos Lat_A \cdot \cos (Lon_C - Lon_A) \cdot \text{sen } Lat_A - \cos Lat_A \cdot \text{sen } Lat_C}{\sqrt{t^2 + u^2}} \right]$$

donde:

$$t = \cos Lat_C \cdot \text{sen } (Lon_C - Lon_A)$$

$$u = \cos Lat_A \cdot \cos (Lon_C - Lon_A) \cdot \text{sen } Lat_A - \cos Lat_A \cdot \text{sen } Lat_C$$

Reemplazando por los valores de latitud y longitud para los puntos "A" y "C" nos queda:

$$Ac_A = \cos^{-1} \left[\frac{\cos 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \cos (58^\circ 8' 52.61'' - 58^\circ 8' 30.34'') \cdot \text{sen } 32^\circ 13' 27.11'' - \cos 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \text{sen } 32^\circ 12' 33.18''}{\sqrt{t^2 + u^2}} \right]$$

$$t = \cos 32^\circ 12' 33.18'' \cdot \text{sen } (58^\circ 8' 52.61'' - 58^\circ 8' 30.34'')$$

$$u = \cos 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \cos (58^\circ 8' 52.61'' - 58^\circ 8' 30.34'') \cdot \text{sen } 32^\circ 13' 27.11'' - \cos 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \text{sen } 32^\circ 12' 33.18''$$

$$Ac_A = 26^\circ 1' 24,8''$$

Para la estación que se halla ubicada más al este, en este caso el punto "C", utilizamos la siguiente ecuación:

$$Ac_C = 180 + \cos^{-1} \left[\frac{\cos Lat_C \cdot \text{sen } Lat_A - \cos Lat_A \cdot \cos (Lon_A - Lon_C) \cdot \text{sen } Lat_C}{\sqrt{v^2 + w^2}} \right]$$

donde:

$$v = \cos Lat_A \cdot \text{sen} (Lon_A - Lon_C)$$

$$w = \cos Lat_A \cdot \cos (Lon_A - Lon_C) \cdot \text{sen} Lat_C - \cos Lat_C \cdot \text{sen} Lat_A$$

Reemplazando:

$$Ac_C = 180 + \cos^{-1} \left[\frac{\cos 32^\circ 12' 33.18'' \cdot \text{sen} 32^\circ 13' 27.11'' - \cos 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \cos (58^\circ 8' 30.34'' - 58^\circ 8' 52.61'') \cdot \text{sen} 32^\circ 12' 33.18''}{\sqrt{v^2 + w^2}} \right]$$

$$v = \cos 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \text{sen} (58^\circ 8' 30.34'' - 58^\circ 8' 52.61'')$$

$$w = \cos 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \cos (58^\circ 8' 30.34'' - 58^\circ 8' 52.61'') \cdot \text{sen} 32^\circ 12' 33.18'' - \cos 32^\circ 12' 33.18'' \cdot \text{sen} 32^\circ 13' 27.11''$$

$$Ac_C = 160^\circ 43' 7,12''$$

Una vez que las antenas en ambos sectores se encuentran alineadas se ajustara el tilt o elevación de estas en base a la potencia recibida por los equipos.

A continuación, calcularemos la distancia entre el transmisor interferente y el receptor interferido la cual se expresará en kilómetros, para tal fin utilizaremos las coordenadas geográficas de las estaciones tal como lo hicimos en el cálculo acimutal.

La distancia se calculará conforme a la siguiente expresión:

$$L(km) = 111,194 \cdot \arccos [\cos Lat_A \cdot \cos Lat_B \cdot \cos (Lon_A - Lon_B) + \text{sen} Lat_A \cdot \text{sen} Lat_B]$$

Para el enlace entre los puntos "A" y "B" la distancia es:

$$L_{AB}(km) = 111,194 \cdot \arccos [\cos 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \cos 32^\circ 13' 39.06'' \cdot \cos (58^\circ 8' 30.34'' - 58^\circ 7' 46.65'') + \text{sen} 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \text{sen} 32^\circ 13' 39.06'']$$

$$L_{AB}(km) = 1,199 \text{ km} \approx 1,2 \text{ km}$$

Para el enlace entre los puntos "A" y "C" la distancia es:

$$L_{AC}(km) = 111,194 \cdot \arccos [\cos 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \cos 32^\circ 12' 33.18'' \cdot \cos (58^\circ 8' 30.34'' - 58^\circ 8' 52.61'') + \text{sen} 32^\circ 13' 27.11'' \cdot \text{sen} 32^\circ 12' 33.18'']$$

$$L_{AC}(km) = 1,76 \text{ km}$$

4.5.6 Cálculo de enlace

Con la distancia que calculamos anteriormente vamos a realizar el calculo de enlace entre los sitios, para esto obtenemos los datos de potencia de transmisión, sensibilidad del receptor, ganancia de las antenas, de la hoja de datos del fabricante. El modelo de antena a utilizar es "UISP airFiber 60 LR" de la marca Ubiquiti.

El airFiber 60 Long Range opera en el rango de frecuencia de 57 a 71 GHz, la potencia máxima de transmisión es de 21 dBm, un piso ruido de -80 dbm y posee una antena parabólica con una ganancia de 30 dBi.

Con los valores de la distancia entre los puntos calculamos la atenuación de espacio libre, teniendo en cuenta que la misma es directamente proporcional a la frecuencia de trabajo, tomaremos el valor máximo con la que puede operar el equipo que es 71 GHz

La atenuación de espacio libre la obtenemos con la siguiente expresión:

$$A_{el} = 32,44 + 20 \log F (Mhz) + 20 \log D (Km)$$

Por lo tanto, la atenuación de espacio libre para el enlace entre "A" y "B" será:

$$A_{el_{AB}} = 32,44 + 20 \log 71000 (Mhz) + 20 \log 1.2 (Km)$$

$$A_{el_{AB}} = 131 \text{ dB}$$

La atenuación de espacio libre para el enlace entre "A" y "C" será:

$$A_{el_{AC}} = 32,44 + 20 \log 71000 (Mhz) + 20 \log 1,76 (Km)$$

$$A_{el_{AC}} = 134 \text{ dB}$$

Debido a que estos valores representan una atenuación los mismos deben considerarse con signo negativo a la hora de realizar el cálculo.

A continuación, realizaremos el cálculo de enlace, el mismo consiste en la sumatoria de potencias, ganancias y atenuaciones expresadas en dB desde el extremo transmisor al extremo receptor. Dicho calculo es fundamental para el correcto funcionamiento del enlace.

$$Pot_{RX} = Pot_{TX} + Gant_{TX} - A_{el} + Gant_{RX}$$

La potencia de la señal que llega al receptor debe ser mayor al piso de ruido de este mas un margen de 20 dB.

Considerando que el equipamiento a utilizar es de las mismas características en ambos extremos del enlace, procederemos a realizar el cálculo en un solo sentido.

Cálculo de enlace entre los puntos "A" y "B"

Potencia TX: 21 dBm

Sensibilidad del receptor: -80 dBm

Atenuación de espacio libre: -131 dB

Ganancia antena TX: 30 dBi

Ganancia antena RX: 30 dBi

$$Pot_{RX} = 21dBm + 30dBi - 131dB + 30dBi = -50dBm$$

Para el calculo de enlace entre los puntos "A" y "C" tomamos los mismos valores en cuanto a la potencia y ganancia de las antenas y solo modificamos la atenuación de espacio libre que tiene un valor, para la distancia de 1,72 km que separa las estaciones, de -134dB.

$$Pot_{RX} = 21dBm + 30dBi - 134dB + 30dBi = -53dBm$$

Como podemos observar la potencia recibida en ambos extremos es superior al nivel de SNR del receptor (-80 dB) más el margen de 20dB, por lo que el enlace no presentara problemas aun en presencia de hidrometeoros como granizo, niebla o lluvia.

4.5.7 Diversidad de antenas

La diversidad de antenas es un esquema que utiliza dos o más antenas con el fin de darle robustez, confiabilidad y alta disponibilidad a un enlace inalámbrico. Dicha técnica es utilizada en sistemas de radio para mitigar posibles fallas en el sistema de comunicación debido a multirayectos o desvanecimiento de la señal proporcionando un vínculo estable y de calidad.

La diversidad de antenas, también conocida como diversidad espacial, es una de varias técnicas de diversidad que utilizan dos o más antenas para mejorar la calidad y confiabilidad de las comunicaciones inalámbricas. A menudo, especialmente en entornos urbanos e interiores, no hay línea de vista (LOS) entre el transmisor y el receptor. En cambio, la señal se refleja a lo largo de varios caminos antes de que finalmente se reciba. Cada uno de estos reflejos puede introducir cambios de fase, retrasos de tiempo, desvanecimiento y distorsión que pueden interferir destructivamente entre sí en la apertura de la antena receptora.

La diversidad de antenas es particularmente efectiva para mitigar tales situaciones de trayectos múltiples, esto se debe a que múltiples antenas ofrecen al receptor múltiples muestras de la misma señal. Cada antena experimentará una interferencia diferente. Por lo tanto, si una antena experimenta un desvanecimiento profundo, es probable que la otra tenga suficiente señal, con esta técnica, el sistema puede proporcionar una comunicación confiable. Aunque se ve principalmente en los sistemas de recepción (diversidad de recepción), el análogo también ha demostrado ser valioso para los sistemas de transmisión.

La diversidad de antenas se puede implementar de varias maneras. Según el entorno y la interferencia esperada, los diseñadores pueden usar una o más de estas técnicas para mejorar la calidad de la señal. De hecho, a menudo se utilizan varias técnicas para mejorar aún más la fiabilidad.

4.5.7.1 Diversidad Espacial

La diversidad espacial utiliza múltiples antenas, generalmente con las mismas características, que están separadas físicamente entre sí. Dependiendo de la caída esperada en la señal entrante, a veces es suficiente un espacio del orden de una longitud de onda. En otros casos, se requieren distancias mucho más grandes.

La diversidad por sectores o celular, por ejemplo, es un esquema de diversidad espacial que puede tener antenas o estaciones base a millas de distancia. Esto es especialmente útil para la industria de las comunicaciones móviles, ya que permite que varios usuarios compartan un espectro de comunicaciones limitado y eviten la interferencia entre canales.

4.5.7.2 Diversidad de haz

La diversidad de haz consta de dos o más antenas colocadas, generalmente dentro de la misma estructura, con diferentes patrones de radiación. Este tipo de diversidad utiliza antenas direccionales, que suelen estar separadas físicamente por una distancia (a menudo pequeña). Estas pueden captar mayor señal del espacio, con patrones de radiación más performantes y pueden proporcionar una mayor ganancia que un solo radiador omnidireccional o una antena direccional convencional.

4.5.7.3 Diversidad de polarización

La diversidad de polarización combina pares de antenas con polarización ortogonal, es decir, horizontal/vertical, inclinación de $\pm 45^\circ$, polarización circular izquierda/derecha, etc. Las señales reflejadas debido a los multitrayectos pueden sufrir cambios de polarización según el medio por el que se propagan. Una diferencia de polarización de 90° dará como resultado un factor de atenuación de la señal de hasta 34 dB. Al combinar dos polarizaciones adicionales, este esquema puede inmunizar al sistema contra las despolarizaciones de la señal, que, de lo contrario, podrían causar la atenuación en esta. Además, tal diversidad ha demostrado ser valiosa en estaciones base móviles y de radio porque es menos susceptible a orientaciones de antena de transmisión casi aleatorias. La radio base Altai A8n utilizada en este proyecto posee cuatro paneles sectoriales con diversidad de polarización de 90° .

4.5.7.4 Diversidad de TX/RX

La diversidad de transmisión/recepción utiliza dos antenas colocadas separadas para las funciones de transmisión y recepción. Esta configuración elimina la necesidad de un duplexor que es un dispositivo que filtra la señal de transmisión de alta potencia en la entrada del receptor cuando se utiliza una sola antena para TX y RX, esta técnica de diversidad puede proteger los componentes sensibles del receptor de la alta potencia utilizada en la transmisión.

4.5.7.5 Diversidad en frecuencia

Esta técnica de diversidad consiste en transmitir la misma información en dos frecuencias portadoras diferentes evitando así que un posible desvanecimiento de la señal en la frecuencia de operación perjudique la comunicación, teniendo redundancia de información en dos frecuencias diferentes la probabilidad de que ambas se vean afectadas disminuye considerablemente. En el extremo receptor se demodulan ambas portadoras y se utiliza la que mejor relación señal ruido (S/N) posee.

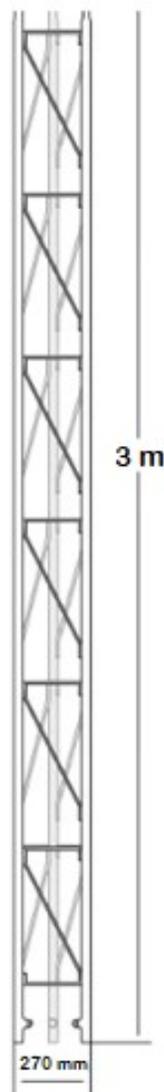
Con el objeto de diseñar una red de transporte confiable y a modo de configurar un esquema de alta disponibilidad en dicha red se instalarán dos antenas interferente e interferida por cada uno de los enlaces de radio a cada sector de playas configurando un esquema de diversidad espacial, diversidad de polarización y diversidad en frecuencia, esto es, dos antenas en cada extremo de los enlaces separadas espacialmente con una distancia mayor a una longitud de onda, que para la frecuencia de operación es de aproximadamente 5 mm, con una antena polarizada verticalmente y la otra horizontalmente y cada una de ellas operando en una frecuencia diferente dentro de la banda de 57000 – 71000 MHz.



Figura N° 25 Imagen ilustrativa de las antenas con diversidad espacial

4.5.8 Torres

Para el montaje de las torres de comunicaciones, tanto la ubicada en el Balneario Sur como en el Balneario Norte, será necesario la realización de una obra civil donde se apoyará la estructura sobre el terreno, como así también para el anclaje de las riendas que la soportan. El tipo de estructura a utilizar será el comercializado por la empresa Torrenor bajo la nomenclatura TN10-8x27, la misma esta compuesta de tramos de 3 metros de longitud de sección triangular de 270 mm de ancho cara compuesta de tres perfiles de acero de 10 mm de diámetro unidos mediante una celosía de varillas de acero de 8 mm de diámetro. Dicha estructura esta soldada bajo atmosfera de gas inerte y pintados color normalizado naranja y blanco según el Ente Nacional de Comunicaciones, Resolución 2194/99, anexo I



La altura máxima que podrá tener la torre con dicha estructura es de 30 metros, 10 tramos.

El montaje de las torres como así también la obra civil requerida para las bases deberá hacerse por personal calificado.

El terreno donde se montará la torre deberá limpiarse correctamente y retirar cualquier tipo de planta o árbol que pueda obstruir la correcta instalación de la torre y sus riendas.

La torre estará apoyada sobre una zapata central de hormigón armado de 0.80 metros de lado por 1 metro de profundidad, sobresaliendo 0,20 metros sobre el nivel del terreno

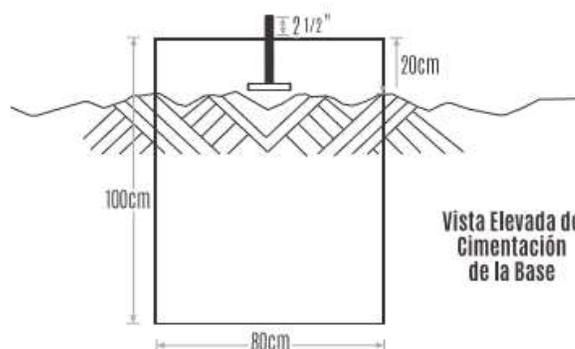
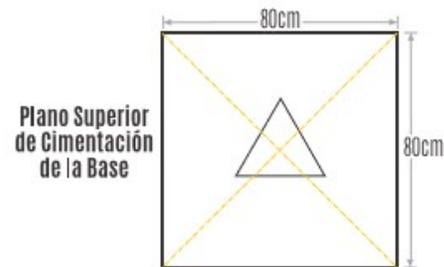


Figura N° 26 Vista de la estructura de la torre y cimientos

Las zapatas de anclaje de las riendas serán de 0,80 metros de lado con una profundidad de 1,5 metros, sobresaliendo 0,20 metros sobre el nivel del terreno. El ancha de sujeción se colocará con un ángulo de 30° con respecto al eje vertical de la zapata dejando en el centro de esta el cáncamo de fijación de las riendas.

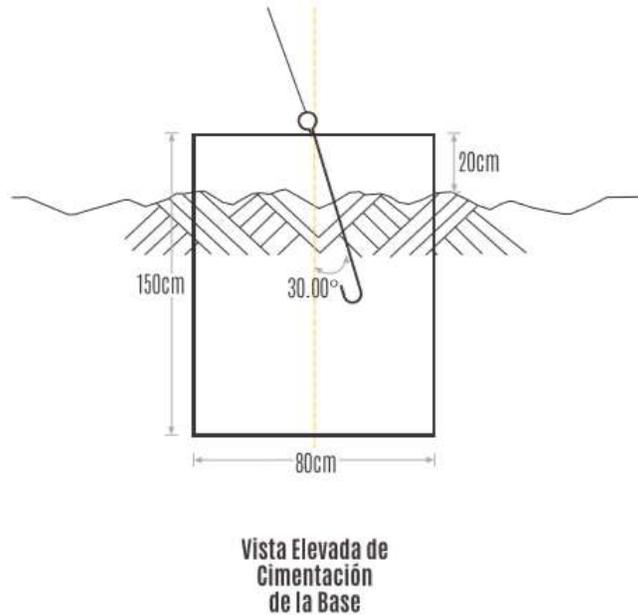


Figura N° 27 Posicionamiento del anclaje en la zapata

Las riendas consistirán en un cable de acero de 6 mm de sección y estarán sujetadas en un extremo a la torre y por el otro extremo a la zapata dispuesta para tal fin formando entre ellas un ángulo de 120°. Teniendo en cuenta que la altura de la torre a instalar en el Balneario Norte es de 20 metros y 27 metros la torre del Balneario Sur, la distancia del centro de la torre a las zapatas de anclaje de las riendas y la distancia desde la superficie del terreno a los diferentes puntos de fijación de las riendas en la torre se especifica en las siguientes imágenes

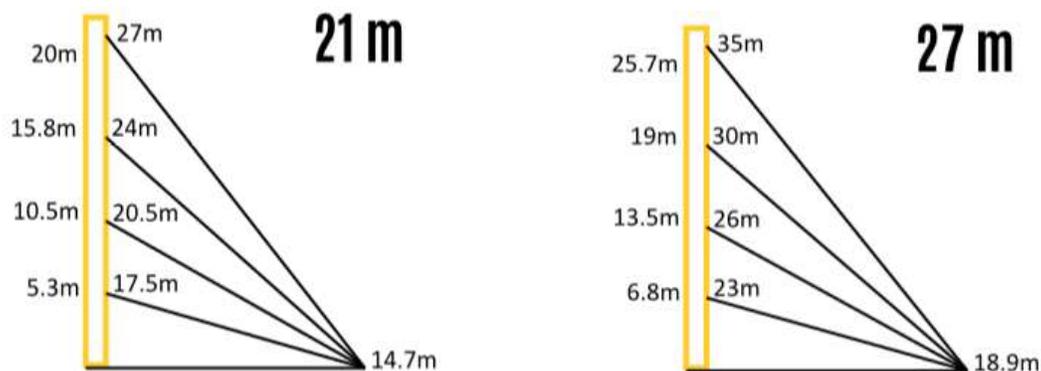


Figura N° 28 Posicionamiento de las riendas en las torres y distancias de los anclajes

Para evitar cualquier tipo de movimiento de rotación de la torre sobre su eje longitudinal causado por la fuerza que podría ejercer el viento sobre las parábolas de las antenas, se montara en el extremo superior de las torres una estrella estabilizadora anti-torsión arriostrada a los anclajes existentes.



Figura N° 29 Estrella estabilizadora anti-torsión

4.6 Red de backhaul

La conexión a nivel red entre los puntos de acceso A8n y la red de transporte que vinculara las áreas hot spot con la salida hacia internet, cuyo acceso se encuentra en las torres de telecomunicaciones descriptas en el capítulo anterior, se puede realizar de diversas formas las cuales se detallan a continuación.

4.6.1 Conexión cableada

Esta conexión se puede realizar utilizando el puerto de uplink/downlink que disponen los equipos Altai A8n. La mecánica es conectar este puerto de datos del access point a un dispositivo de capa 2 concentrador como puede ser un switch ethernet de modo de que todos los APs de la zona hot spot converjan en este dispositivo conformando una topología de red en estrella. De esta forma pueden conectarse todos los AP hacia el equipo de radio de la red de transporte que vincula la zona con la salida hacia internet. Esta conexión se debe realizar utilizando cables de fibra óptica, ya que las distancias entre antenas y entre estas y el dispositivo de acceso a la red de transporte son mayores a 100m, debido a esto no es factible utilizar cableado de cobre del tipo UTP. Por otra parte, este tendido se debería hacer de manera subterránea en ductos, por lo que sería inviable debido a la obra civil para realizar el tendido y por consiguiente un costo muy alto del proyecto.

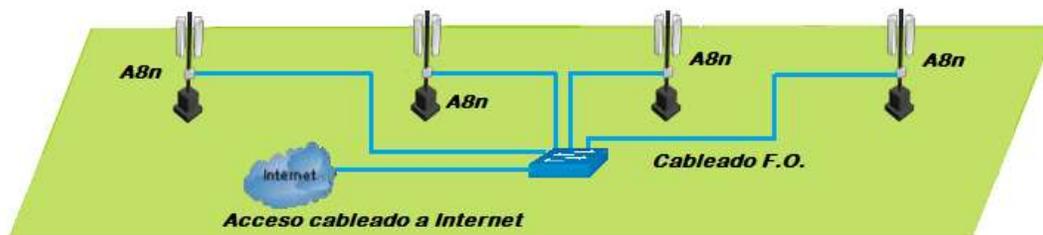


Figura N° 30 Esquema de conexión cableada de los access point

4.6.2 Conexión por Wireless link

La conexión inalámbrica entre APs (Wireless link) es una solución que permite prescindir del tendido de cableado de fibra óptica o UTP para la vinculación de datos entre APs y la red de transporte. Esta forma de conexión tiene la ventaja de sencillez y rápido despliegue, por lo que es especialmente útil en el caso de instalaciones temporarias como es el caso de instalaciones para eventos

Sin embargo, este tipo de conexión tiene ciertas limitantes que se detallan a continuación.

Reducción del throughput entre APs y agregación de tráfico en el punto de acceso concentrador, esto es debido a que los APs esclavos deben estar configurados en el mismo canal de radio para transmitir el tráfico al dispositivo que funciona como máster. La reducción de tráfico es del 50% del enlace establecido entre ambos AP.

Las estaciones esclavas cursan su tráfico de datos a través del nodo master por lo que este presenta algún tipo de inconvenientes que lo deje fuera de servicio los nodos esclavos se verían afectados al no poder cursar tráfico hacia la red de transporte, por lo que el servicio se vería seriamente afectado.

La distancia máxima entre dos APs conectados a través de Wireless link deben tener “línea de vista” (libre de obstáculos) y a menos de 200mts de distancia.

Otro factor para tener en cuenta es que la conexión inalámbrica entre APs utilizando Wireless link igualmente requiere la conexión de cada equipo a la red eléctrica (la alimentación no es inalámbrica)



Figura N° 31 Esquema de conexión por wireless link

4.6.3 Conexión mediante enlace de radio

Este tipo de conexión vincula cada punto de acceso inalámbrico con la red de transporte mediante un enlace de radio “punto a punto” o “punto a multipunto”. Esta solución tiene como desventaja que en cada estación base A8n se necesitara instalar un equipo de radio, si bien cada punto de acceso A8n incorpora una radio de 5.8 GHz que se puede utilizar para tal fin, el throughput utilizando el modo 802.11a es como máximo de 40Mbps, el cual es inferior a la velocidad de datos requerida en cada estación base A8n que es, como calculamos anteriormente, 53Mbps.

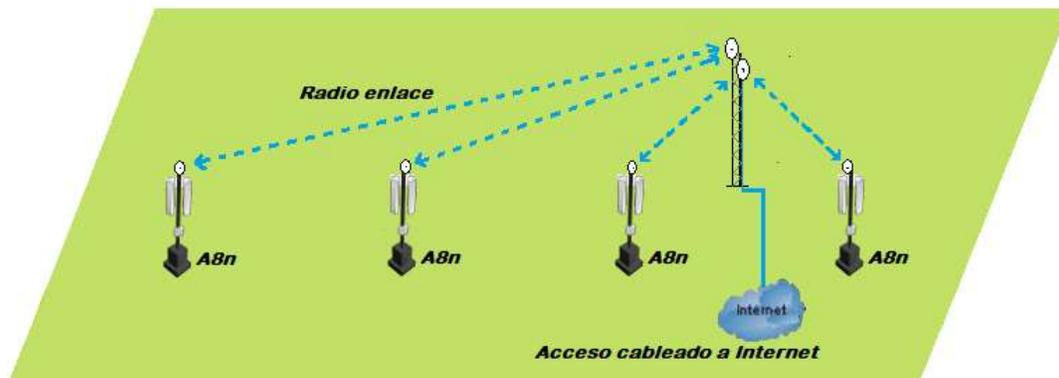


Figura N° 32 Esquema de conexión por radioenlace

Como ventaja esta solución independiza capa estación base del resto ya que si una de estas presenta algún problema que la dejara fuera de servicio solo se vería afectado el servicio en este punto de la red.

Por lo anterior mencionado resulta como solución óptima la vinculación de las estaciones base a la red de transporte mediante un enlace de radio punto a punto dedicado, para este propósito utilizaremos, de la misma forma que en la red de transporte, equipos de la marca ubiquiti network que operan en la banda de 60GHz. Esta selección se debe por un lado a que estos equipos presentan un tamaño y peso reducido, por la ganancia de la antena que poseen tienen un lóbulo de irradiación estrecho y debido a la frecuencia de operación la zona de Fresnel en el centro de la trayectoria de haz radioeléctrico es también reducida, por otro lado las distancias de las estaciones base a la torre de comunicaciones donde se encuentra el acceso a la red de transporte no supera los 800 metros para la estación más alejada en un escenario de línea de vista totalmente despejada de cualquier tipo de obstáculo.

4.6.4 Selección del equipamiento para la red de backhaul

El equipamiento que vamos a utilizar para esta conexión es el radio airMAX GigaBeam Plus 60 GHz, este dispositivo consiste en un conjunto de antena-transmisor que opera en la banda de 60GHz y esta optimizado ser utilizado en enlaces punto a punto en redes de backhaul con un alto throughput de datos que alcanza los 1.5 Gbps full dúplex con una baja latencia, este equipo tiene una antena integrada de 35dBi con un reflector cassegrain que le confiere una alta direccionalidad y baja interferencia con dispositivos de las mismas características instalados en la misma torre de comunicaciones.

En la sección Anexo de adjunta la hoja de datos del dispositivo.

Características mecánicas:

Dimensiones: Ø155 x 137 mm

Peso: 1 kg

Material: Metal y policarbonato con protección UV

Material del herraje de la montura: Metal



Carga de viento: 5 Kg a 200 km/h



Figura N° 33 Equipo Ubiquiti airMAX GigaBeam Plus 60 GHz

4.7 Red de Acceso

La red de acceso proporciona la conectividad WiFi a los usuarios, la misma consiste en puntos de acceso inalámbricos distribuidos convenientemente en el área a brindar cobertura, esta zona comprende el sector balneario público de la ciudad, comprendidos por las playas Norte, Santiago Inkier, Honda y Nueva, de ahora en más las nombraremos indistintamente como zonas “Hot Spot”.

En telecomunicaciones una zona Hot Spot es un área o sector, generalmente de acceso público, donde se brinda acceso a internet a través de una red inalámbrica, a menudo encontramos este servicio de conectividad en aeropuertos, hoteles, plazas, shoppings, etc. Estas redes inalámbricas de acceso público generalmente tienen una alta demanda de tráfico, por lo que su dimensionamiento y cobertura está directamente relacionado con esta, en base a lo mencionado anteriormente será necesario realizar una correcta selección del equipamiento a utilizar como así también un correcto posicionamiento de los puntos de acceso inalámbricos en la zona de cobertura.

Ahora veamos el área donde necesitamos dar servicio, en otras palabras, el área de la playa que debemos dar cobertura WiFi. En las playas ubicadas al sur de la ciudad, debemos dar servicio a las playas “Honda”, “Nueva” y “Balneario Inkier”, en la zona correspondiente al club “Piedras Coloradas” no se colocarán antenas ya que es un club privado. Hacia el extremo norte de la ciudad la zona a dar cobertura es la playa “Balneario Norte” en toda su extensión.



Figura N° 34 Playas al sur de la ciudad de Colon

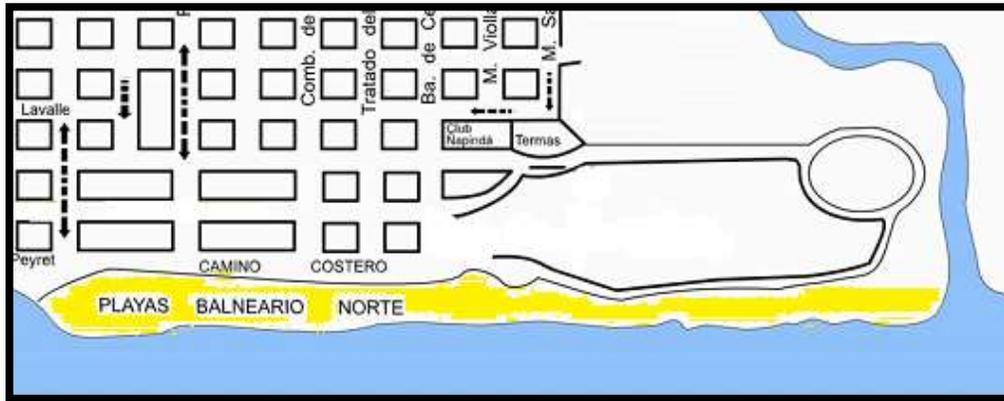


Figura N° 35 Playas al norte de la ciudad de Colon

De esta manera procederemos a calcular el área de cobertura comenzando por las playas “Honda”, “Nueva” y “Balneario Inkier”, de ahora en más “Balneario Sur”, esta zona corresponde a una franja rectangular de 1,1 km de extensión por 100 metros de ancho. En el caso del “Balneario Norte”, esta zona tiene un largo de 1,4 Km y 100 metros en su parte más ancha.

Teniendo en cuenta que en temporada de verano el aforo en estos balnearios es aproximadamente de 4000 personas, será necesario dimensionar y diseñar la infraestructura de la red de acceso para dar soporte a esta cantidad de usuarios, suponiendo, en el peor escenario, que todos van a requerir utilizar el servicio.

4.7.1 Elementos básicos de la red de acceso

Al momento de diseñar una red necesitamos conocer los elementos que la componen, sí bien es cierto que no existe un diseño de red específico, sino que cada una está formada por equipamientos y topología diferentes, existen una serie de elementos básicos para su funcionamiento que se detallan a continuación.

Access Point (AP)

Se denomina así al equipo encargado de proporcionar acceso a la red WIFI este irradia y recibe las señales WIFI dentro de un área determinada. Este equipo es el encargado de permitir la conectividad de los dispositivos inalámbricos con una red de área local cableada, Cuando el área de cobertura es extensa, se pueden utilizar varios APs para extender el área de cobertura. Un AP puede funcionar como un puente o como un router inalámbrico dependiendo del modo de configuración, por otro lado, estos equipos pueden funcionar de forma independiente o gestionados mediante un controlador inalámbrico.

Wireless Controller (WC)

Se denomina así al equipo al cual se registran los puntos de acceso inalámbricos y por medio de este se pueden administrar y controlar de manera centralizada, Generalmente consta de una o varias interfaces cableadas para conexión de los access point y también para el acceso a otras redes. Estos equipos generalmente proveen la facilidad de desarrollo de todos los servicios, DHCP server, firewall, DNS relay, RADIUS relay, portal cautivo, control capa de servicios, control ancho de banda del usuario, etc. Además, permite configurar estas facilidades para cada zona Hotspot (grupos de APs) de forma independiente y diferente para cada una de ellas.

Área Hotspot/WIFI

Se llama área Hotspot o área WIFI a los sitios, lugares o áreas en general donde se tiene cobertura de la red de acceso WIFI y en donde es posible conectarse vía wireless a redes de datos, algunos ejemplos de zonas Hotspot son aeropuertos, shoppings, plazas, parques, etc.

Cliente WIFI

Es el usuario final de la red WIFI y del servicio Hotspot (acceso a Internet inalámbrico). Para acceder a la red puede utilizar cualquier dispositivo tenga capacidad de conexión WIFI.

4.7.2 Equipos utilizados en la red WIFI

Los principales componentes para el despliegue de la red de acceso son los siguientes:

Estación Base Super WiFi A8n de Altai

La estación base Altai A8n, es un punto de acceso Wifi especialmente diseñado para entornos outdoor, este equipo cuenta con múltiples radios y trabaja con un algoritmo diseñado por el fabricante para brindar una buena cobertura incluso en entornos sin línea de visión, esta tecnología permite cubrir grandes áreas utilizando hasta un 80% menos de equipamiento con respecto a los Access point tradicionales. Este equipo tiene la posibilidad de funcionar como un puente inalámbrico o en modo router donde se pueden configurar servicios como un servidor DHCP, ruteo dinámico, firewall, etc

Su carcasa esta construida en aluminio y posee dos conectores del tipo "N" para cada panel sectorial de 2,4 Ghz y dos para la banda de 5.8 Ghz



Figura N° 36 Radio base Altai A8n

Las dimensiones del equipo son: alto 29 cm x ancho 21cm x profundidad 8,9 cm y un peso de 4kg.

Las antenas del Altai A8n son 4 paneles sectoriales de 14 dBi de polarización cruzada de 45° y 70° de apertura, cuyas características de detallan a continuación:

- Frecuencia: 2.4 - 2.5 GHz.
- Ganancia: 14 dBi.
- Polarización: Dual Slant ±45°.
- Ancho de haz horizontal: 70° (-3 dB).
- Ancho de haz vertical: 12° (-3 dB).
- VSWR: 2.
- F/B Ratio: -25 dB (max).
- Aislamiento: 20 dB (min).
- Impedancia: 50 .
- Temperatura: -40 a 60° C.
- Resistencia al viento: 216 km/h (134 mph).
- Color: Gris.
- Fibra de vidrio resistente a rayos UV.
- Peso: 1.085 kg. Dimensiones: 680 x 112 mm.
- Conectores: 2 N-Hembra.



Diagramas de irradiación

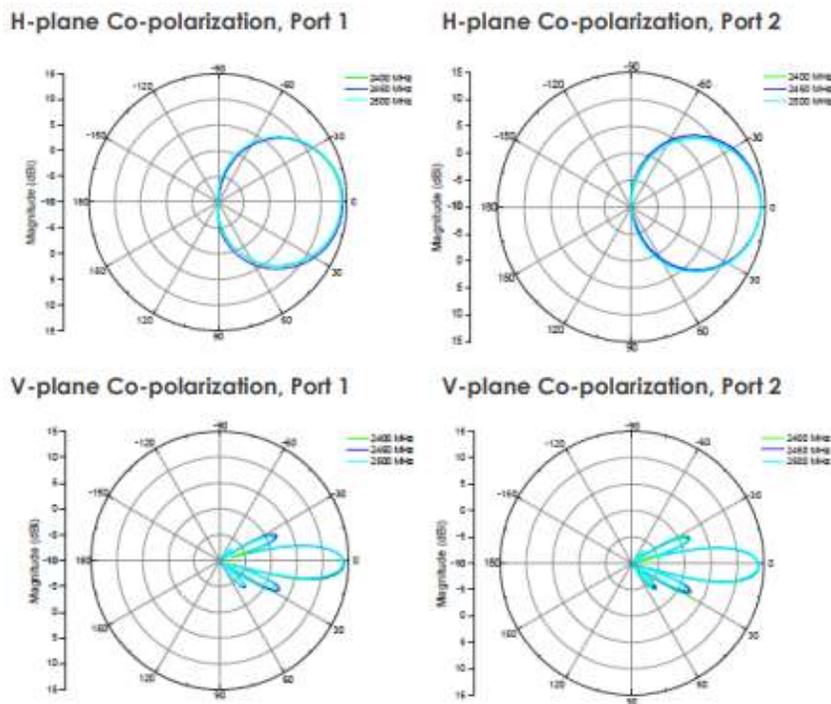


Figura N° 37 Diagrama de irradiación antena panel sectorial de la radio base Altai A8n

Access Point/Bridge WiFi A2/A2e de Altai

El punto de acceso Altai A2, es un punto de acceso inalámbrico que posee dos radios, una en la banda de 2.4 GHz con dos antenas omnidireccionales y configuración 2 x2 MIMO que permite extender la cobertura de los equipos A8n al funcionar como repetidor o también puede ser configurado como punto de acceso WiFi para brindar servicio en zonas de baja cobertura o señal débil. Gracias a su radio de 5.8 GHz con una antena panel integrada permite utilizarlo como puente inalámbrico para remotizar la red de acceso de los puntos de acceso A8n brindando un gran ancho de banda.



Figura N° 38 Equipo Altai A2

Sistema de Gestión - AltaiCare

El sistema de gestión AltaiCare permite tener un monitoreo y gestión de todos los equipos de la red proveyendo una gestión centralizada de SSIDs, parámetros de seguridad, autenticación de usuarios y visualización de alarmas y eventos de la red. Este software ofrece una interfaz gráfica de usuario donde se pueden ver los elementos que conforman la red y su ubicación dentro de un plano o mapa previamente cargado para tal fin.

4.7.3 Análisis de cobertura

Para poder realizar un análisis de cobertura en la zona requerida necesitamos conocer, en base a las características de los puntos de acceso seleccionados y al patrón de irradiación de las antenas, el área de cobertura efectiva de un equipo Altai A8n. Este equipo esta diseñado principalmente para su uso en entornos “outdoor”, como se mencionó anteriormente, el A8n esta diseñado para operar con cuatro antenas del tipo panel sectorial de 70° de apertura del haz en la horizontal y 12° de apertura en la vertical, tal como se puede apreciar en los diagramas de irradiación de dichos paneles.

El área de cobertura de un punto de acceso A8n con los cuatro paneles dispuestos a 90° cada uno se aproxima a un cuadrado de 700 metros por lado para un entorno rural o con baja densidad de casas, y en lugares abiertos, sin ningún tipo de edificación, como plazas, parques, donde hay línea de vista entre antena y dispositivo el área de cobertura se extiende hasta 1 Km.

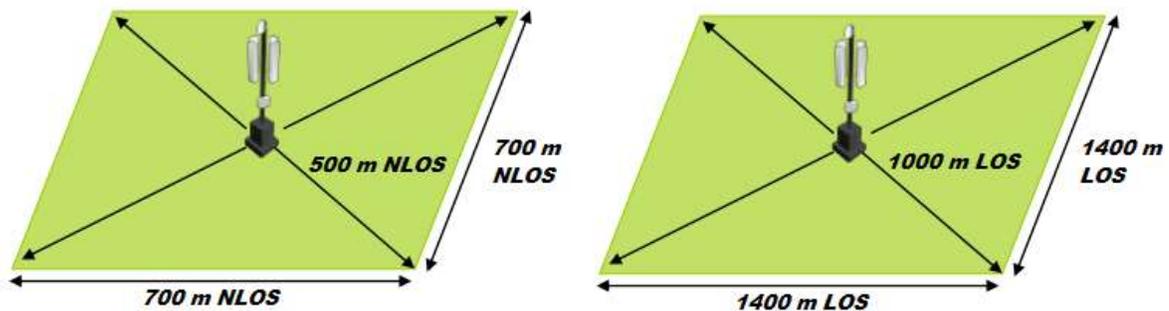


Figura N° 39 Cobertura radio base Altai A8n

La cantidad de puntos de acceso a utilizar por área a cubrir varía en función de las características de la zona, esto es, si es un área suburbana, rural, etc. En base a esto el fabricante proporciona la siguiente tabla.

Ambiente	Radio de Cobertura (r)	Área cubierta (2r ²)	No. de A8/ km ²
Rural (Near LOS)	1000 m	2 km ²	0.5
Suburbano (NLOS)	500 m	0.5 km ²	2
Urbano (NLOS)	350 m	0.25 km ²	4
Urbano denso (NLOS)	250 m	0.125 km ²	8

Como podemos observar, para un entorno rural o una zona abierta, como es nuestro caso, para un radio de cobertura de 1000 metros o un área aproximada de 2 km cuadrados el

número de equipos a utilizar es de 0.5 por km², esto nos da un total de 1 equipo A8n para un área de cobertura de 2 km².

Nuestra área por cubrir, como se mencionó anteriormente, es una franja rectangular de 1,1 km de largo por 100 metros de ancho aproximadamente en el Balneario Sur, y una zona de 1,4 Km de longitud por 100 metros de ancho para el sector del Balneario Norte. Debido a que ambos sectores son aproximadamente iguales en cuanto al área a cubrir, consideraremos para ambos una zona de cobertura de 1,5 Km de extensión por 100 metros de ancho, esto nos da una superficie en kilómetros cuadrados de 0,15 o, expresado en metros, 150000 m².

Con los datos anteriores el lector podría suponer que un solo punto de acceso ubicado convenientemente en cada sector balneario alcanza para cubrir la zona y brindar cobertura Wifi a los usuarios, este razonamiento no sería descabellado si la playa estuviera desierta o con un aforo máximo de no más de 100 personas, por lo cual, teniendo en cuenta los datos aportados por el sitio de turismo de la ciudad en cuanto a la cantidad de turistas que visitan las playas en épocas de verano, rápidamente podemos deducir que un punto de acceso no sería suficiente para cubrir la demanda de usuarios concurrentes.

Por lo anterior dicho vamos a dimensionar la cantidad de puntos de acceso necesarios para cubrir la demanda de usuarios y tráfico de datos en la red para el área requerida. Un punto de acceso Altai A8n, según las especificaciones del fabricante, soporta, en condiciones óptimas hasta 512 usuarios concurrentes en la banda de 2.4 GHz.

4.7.4 Determinación de la cantidad de puntos de acceso y ancho de banda

Uno de los desafíos más grandes a la hora de diseñar una red WiFi es la determinación del ancho de banda requerido por usuario, ya que un dimensionamiento incorrecto impacta de manera negativa en la percepción del usuario de dicho servicio, teniendo en cuenta esto, y considerando que la mayoría de los usuarios del servicio se conectarán a internet utilizando sus dispositivos móviles, ya sea tablets, smartphones, laptops, etc., realizaremos una medición de consumo de ancho de banda para las aplicaciones comúnmente utilizadas las cuales comprenden, navegación web, telefonía sobre IP, redes sociales.

Con este propósito y debido a que las aplicaciones mencionadas tienen un mayor consumo de ancho de banda al momento de iniciarlas, al subir algún tipo de contenido o al ir “navegando” por la aplicación como es el caso de las redes sociales o navegación web, se podría afirmar que el tráfico generado por estos dispositivos presenta un patrón coincidente con una ráfaga de datos y no un consumo constante del ancho de banda, por lo que la medición de consumo por aplicación se vuelve tedioso a los fines prácticos, debido a esto se procedió a medir el consumo de un dispositivo conectado a un punto de acceso WiFi dedicado para esta prueba y se fue limitando la salida hacia internet con diferentes valores de ancho de banda, lo que se conoce en telecomunicaciones como traffic shaping, este mecanismo se basa en aplicar una política

restrictiva de ancho de banda a los fines de evitar que un usuario o dispositivo genere una sobrecarga en la red. En este escenario de prueba se fue utilizando las aplicaciones antes mencionadas hasta encontrar el ancho de banda mínimo requerido para el normal funcionamiento de las aplicaciones y una experiencia normal de uso de estas. Esta limitación en el ancho de banda es necesaria porque si bien no todos los usuarios van a requerir un gran consumo de datos en todo momento, la red de backhaul y la red de transporte donde se concentra todo el tráfico de la red de acceso tiene un ancho de banda finito y si un usuario demandara un gran consumo de datos por el uso de alguna aplicación como podría ser una transferencia de archivos hacia un entorno cloud, saturaría esta red perjudicando al resto de los usuarios, por lo que tener una dimensión de este valor de ancho de banda por usuario nos permite limitarlo en algún equipo de la red como puede ser Wireless Controller o controlador Wifi.

Nombre del Dispositivo	Velocidad de Descarga	Velocidad de subida	Límite de Descarga	Límite de subida	Acceso a Internet
Laptop 192.168.2.101	↓ 2KB/s	↑ 2KB/s	256.00KB/s	256.00KB/s	Dispositivo Nativo
Smartphone 192.168.2.102	↓ 6KB/s	↑ 1KB/s	256.00KB/s	256.00KB/s	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura N° 40 Escenario de prueba para limitar de ancho de banda

Como resultado de dicha prueba donde se probó subir fotos en redes sociales, reproducción de música, reproducción de videos, navegación web, se obtuvo como resultado para una experiencia de usuario aceptable es necesario como mínimo un ancho de banda de 256 KB/s o su equivalente a 2048 Kbps.

Como se mencionó anteriormente el tráfico generado por un usuario generalmente presenta un comportamiento de ráfaga de datos, es decir, un usuario que utiliza una aplicación web o una red social no está ocupando todo el tiempo el ancho de banda disponible sino que se realiza una consulta, se descarga el contenido y luego el usuario permanece un cierto periodo de tiempo viendo el contenido descargado, por otro lado, en un medio compartido no todos estarán utilizando los recursos al mismo tiempo, por esta razón un recurso limitado como es el ancho de banda puede ser compartido por varios usuarios y estos percibirán dicho recurso como que son los únicos que lo están utilizando, este concepto se denomina overbooking, por ejemplo, si utilizamos un overbooking de 20 sobre una ancho de banda de 20Mbps, quiere decir que 20 usuarios compartirán este recurso y cada uno lo percibirá como que tiene ese ancho de banda dedicado para el la mayor parte del tiempo.

Por lo que el ancho de banda por cada antena A8n será:

$$BW_{A8n} = \frac{\text{catindad de usuarios concurrentes} \cdot BW_{\text{usuario}}}{\text{overbooking}}$$

Reemplazando nos queda:

$$BW_{A8n} = \frac{512 \cdot 2048 \text{ Kbps}}{20} = 52428.8 \text{ Kbps}$$

De la anterior expresión obtenemos como resultado un ancho de banda agregado de 53Mbps en cada punto de acceso A8n hacia la red de backhaul.

Como se mencionó anteriormente cada punto de acceso Wifi soportara un máximo de 512 usuarios concurrentes, por lo tanto, para satisfacer la demanda de usuarios concurrentes en la zona de cobertura la cual definimos como 4000 usuarios, necesitaremos colocar ocho (8) puntos de acceso en cada sector balneario, esto es, ocho (8) en la zona del balneario Norte y la misma cantidad en el balneario sur.

La cantidad de AP instalados en la zona Hotspot fue definida en función del área que se pretende cubrir y la cantidad de usuarios concurrentes, si bien la cobertura de las radio bases depende del tipo de ambiente donde sea instalado, en lugares abiertos donde hay línea de vista (LOS) entre los dispositivos y las antenas la cobertura de una radio base Altai A8n es de 1km de radio, en nuestro caso y debido a que las bases estarán separadas a una distancia aproximada de 80 metros se reducirá la potencia de transmisión con el fin de reducir el área de cobertura y así evitar interferencias con las otras radio bases que operaran en el mismo canal de frecuencia, este ajuste de potencia se puede efectuar manualmente o automáticamente por medio de controlador wifi el cual está censando la potencia de la señal recibida por las radio bases y realiza un ajuste de potencia.

4.7.5 Ubicación de los puntos de acceso

Como se definió al comienzo de este proyecto, y con el objetivo de hacer uso de la infraestructura existente, en el relevamiento realizado en el sector de playas pudimos observar que ambas playas, tanto en el sector norte como en el sector sur se cuenta con torres de luminarias dispuestas a lo largo de toda la playa con una separación entre 90 y 60 metros aproximadamente. En la siguiente imagen se ve la ubicación de los puntos relevados. (la imagen se dividió en dos para una mejor visualización)



Figura N° 41 Ubicación de las columnas de iluminación en el balneario sur

Como se puede ver en las imágenes anteriores, del relevamiento realizado identificamos diez columnas de iluminación las cuales se enumeraron del 1 al 10.

En el sector correspondiente al balneario norte se realizó un relevamiento similar donde identificamos diez columnas de iluminación las cuales se referencian en las siguientes imágenes.



Figura N° 41 Ubicación de las columnas de iluminación en el balneario norte

Relevadas las ubicaciones de las columnas de iluminación que brindaran soporte a las estaciones base Altai A8n y sus correspondientes antenas definiremos en cuales de ellas se montaran los equipos.

El conocimiento, por el solo hecho de observar el comportamiento de las personas en situaciones similares, nos ha demostrado que en estos lugares turísticos al aire libre como playas, campos, parques, a medida que estas van arribando al lugar, se establecen con sus pertenencias lo más alejado posible del resto de las personas ya presentes en el lugar, ya sea por una cuestión de respeto y/o intimidad se van ubicando dentro de las posibilidades en algún punto lo más alejado posible del resto, esto hace que la distribución de personas en la lugar sea generalmente homogénea en toda su extensión por lo que no tendremos problemas de saturación de las radio bases por una concentración de usuarios en la zona de cobertura de la misma, de todas formas, si esto ocurriera por algún motivo, el controlador WiFi se encargara de realizar el hand over de este usuario a otra radio base con una menor cantidad de usuarios concurrentes.

A continuación, definiremos la ubicación de las radio bases en las columnas ubicadas en ambas playas.

Para la Playa Balneario Sur se realizará el montaje de radio bases y antenas en los postes N° 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 y 9. En el caso del Balneario Norte se instalarán en los postes N° 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 10

4.7.6 Características de las columnas

Las columnas de iluminación publica dispuestas en las zonas de playa están constituidas por cuatro secciones de caños de acero de diferentes diámetros, abocardados en uno de sus extremos, centrados y soldados, la altura de las columnas es de doce metros y están enterradas en la arena.

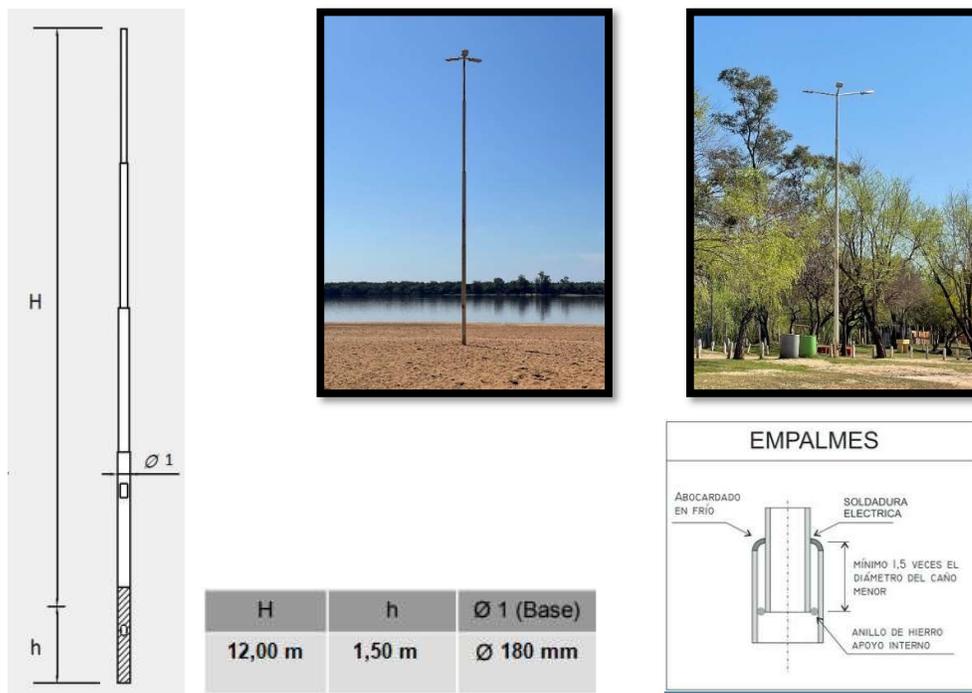


Figura N° 42 Características de las columnas de iluminación

4.7.7 Determinación del canal de radio para los AP

En el caso de los escenarios con arreglos multicelda donde dos o más puntos de acceso inalámbricos están dentro del radio de cobertura del otro (celdas adyacentes), se deberá tener especial cuidado para la asignación de las frecuencias de cada uno de ellos a modo de minimizar las interferencias y maximizar el throughput en cada celda.

Las principales causas que afectan el desvanecimiento del throughput en la red wireless son los paquetes que son transmitidos y se pierden, y el aumento del delay.

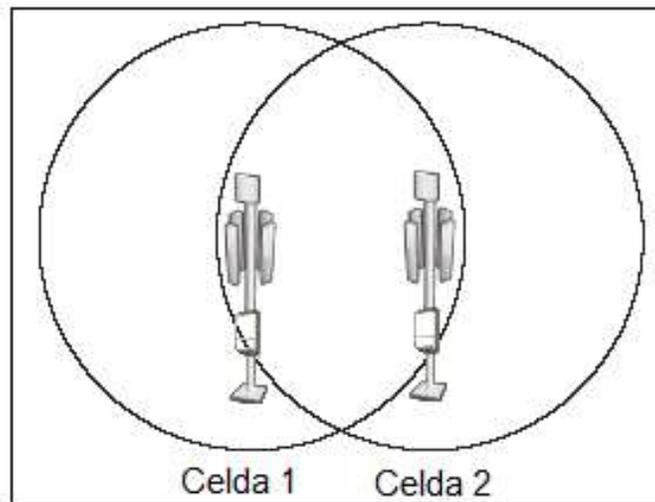


Figura N° 43 Solapamiento de áreas de cobertura

El siguiente ejemplo muestra dos celdas cuyas áreas de cobertura se solapan, si no se eligieran diferentes frecuencias para cada una de ellas el número de retransmisiones sería elevado y por consiguiente el throughput se vería degradado.

Para arreglos multicelda de este tipo se asignarán frecuencias diferentes para cada AP con la máxima separación posible entre las frecuencias de APs adyacentes y con un mínimo de separación de 25 Mhz, lo que equivale a cinco canales – de un total de 11 disponibles según las normas nacionales (ENACOM). La siguiente tabla muestra todos los canales en la banda de 2,4 GHz.

Canal	Center Frecuencia	Ancho de banda	Canales solapados
1	2.412 GHz	2.401 GHz - 2.423 GHz	2,3,4,5
2	2.417 GHz	2.406 GHz - 2.428 GHz	1,3,4,5,6
3	2.422 GHz	2.411 GHz - 2.433 GHz	1,2,4,5,6,7
4	2.427 GHz	2.416 GHz - 2.438 GHz	1,2,3,5,6,7,8
5	2.432 GHz	2.421 GHz - 2.443 GHz	1,2,3,4,6,7,8,9
6	2.437 GHz	2.426 GHz - 2.448 GHz	2,3,4,5,7,8,9,10
7	2.442 GHz	2.431 GHz - 2.453 GHz	3,4,5,6,8,9,10,11
8	2.447 GHz	2.436 GHz - 2.458 GHz	4,5,6,7,9,10,11,12
9	2.452 GHz	2.441 GHz - 2.463 GHz	5,6,7,8,10,11,12,13
10	2.457 GHz	2.446 GHz - 2.468 GHz	6,7,8,9,11,12,13,14
11	2.462 GHz	2.451 GHz - 2.473 GHz	7,8,9,10,12,13,14
12	2.467 GHz	2.456 GHz - 2.478 GHz	8,9,10,11,13,14
13	2.472 GHz	2.461 GHz - 2.483 GHz	9,10,11,12,14
14	2.484 GHz	2.473 GHz - 2.495 GHz	12,13

Figura N° 44 Canales de frecuencia de la banda de 2.4GHz

Si bien la banda de 2,4GHz se divide en 14 canales, en EEUU solo se utilizan del canal 1 al 11, es por esto que la mayoría de los puntos de acceso Wifi solo se podrán configurar en el rango de canales del 1 al 11 y no están disponibles para su configuración los canales 12, 13 y 14.

El ancho de banda de un canal en la banda de 2.4GHz se puede seleccionar de 20MHz o 40MHz, si bien este ultimo ofrece un rendimiento mayor, los dispositivos mas antiguos pueden son soportarlo por lo que el ancho de banda del canal será establecido en 20MHz. Como podemos observar, con este valor de ancho de banda del canal, los canales contiguos se solapan entre sí, por lo que, para lograr una separación efectiva entre ellos, necesitamos una separación mínima de 25MHz.

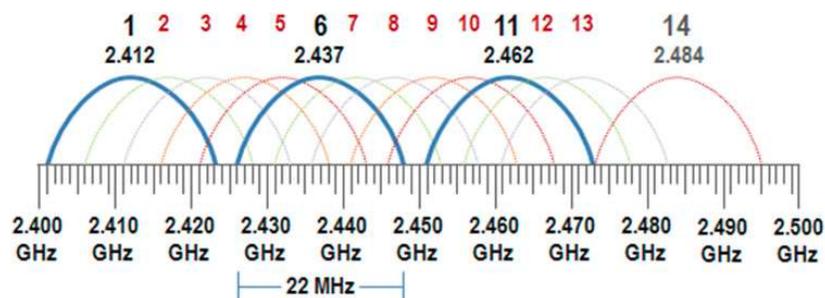


Figura N° 45 Espectro de frecuencia de la banda de 2.4GHz donde se observa la distribución canales

El criterio de selección para maximizar la separación de canales es el siguiente:

Para puntos de acceso (APs) consecutivos la secuencia de selección de canales : 1 – 6 – 11 – 1 – 6..., etc.

A modo de ejemplo:

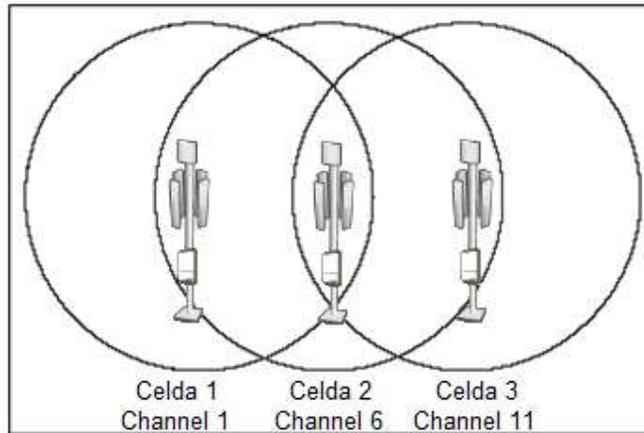


Figura N° 46 Selección de canales por área de cobertura

Otras combinaciones posibles pueden ser: Ch 2, 7; o 3, 8; o 4 y 9; o 5 y 10.

De esta manera se garantiza la separación de 5 canales entre APs adyacentes.

En la práctica se verifica que pueden coexistir en un mismo espacio físico distintas redes WIFI una separación menor a 5 canales, si y solo si, cada una de las redes WIFI diferentes (se deben propagar con diferente ESSID).

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente para los ocho APs ubicados en las playas Norte y Sur, la selección de canales de frecuencia se hará de la siguiente manera.

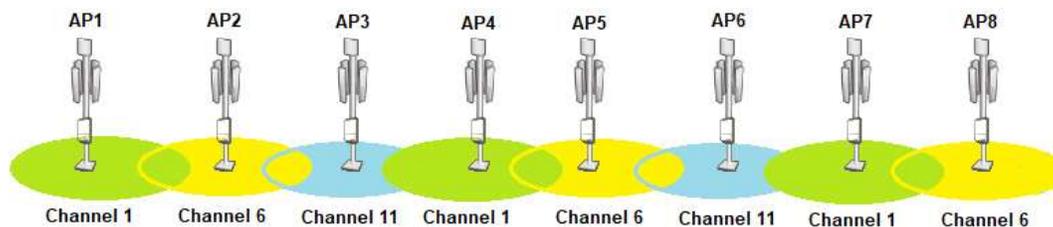


Figura N° 47 Asignación de canales de los access point en los los sectores balnearios

4.7.8 Montaje de los puntos de acceso

La estación base Altai A8n trae un kit de herrajes para su montaje en columnas o postes, para esto en primer lugar se debe ensamblar el soporte en la columna ajustando las cuatro tuercas de fijación, una vez colocado y asegurado se instala el equipo haciendo coincidir los encastres de la parte trasera de este con las ranuras del soporte y deslizando el equipo hacia la izquierda (mirándolo desde la parte trasera) hasta que los cuatro orificios del herraje coincidan con los del equipo donde se colocaran los tornillos de fijación.

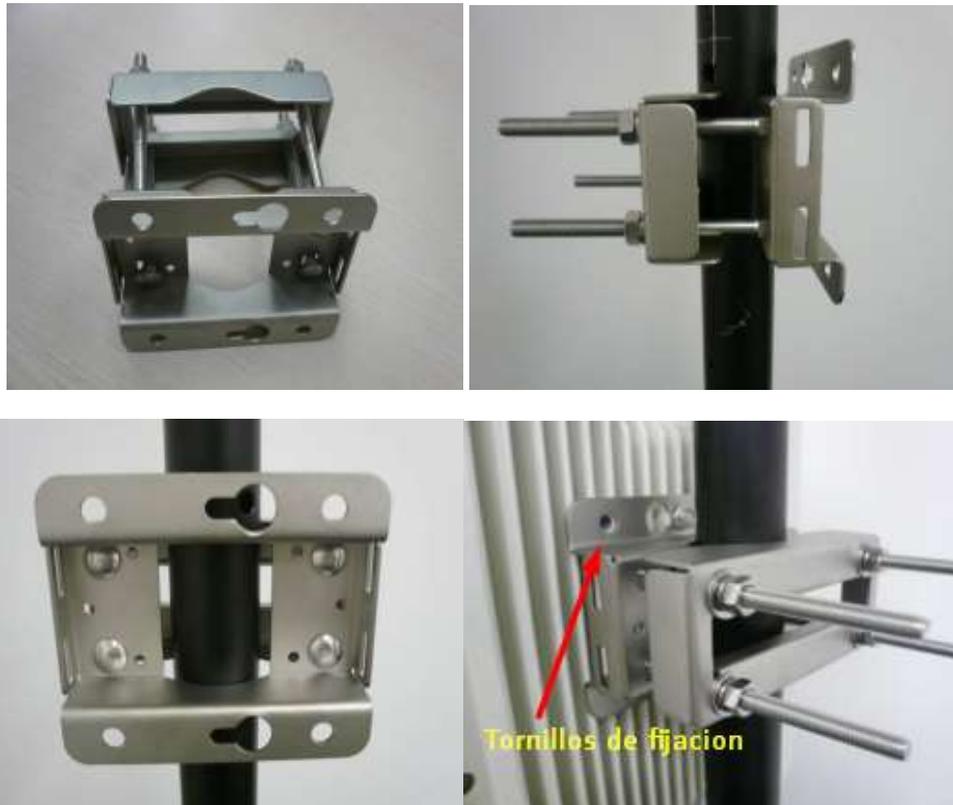


Figura N° 48 Soporte de fijación del equipo Altai A8n

El punto de acceso A8n dispone de cuatro (4) antenas del tipo panel sectorial de 2.4 GHz, en la parte superior del equipo se encuentran los conectores de RF del tipo "N" hembra, en total disponemos de ocho (8) conectores numerados del 1 al 8 formando cuatro (4) grupos de dos (2) conectores cada uno donde se conectarán las antenas.

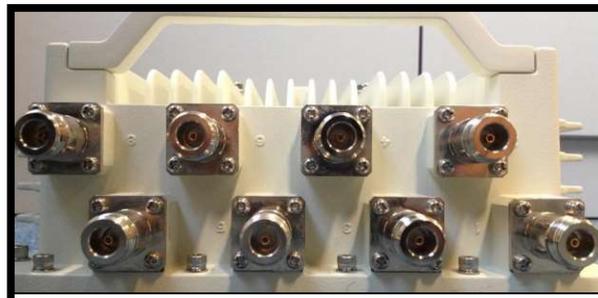


Figura N° 49 Conectores de RF del equipo Altai A8n

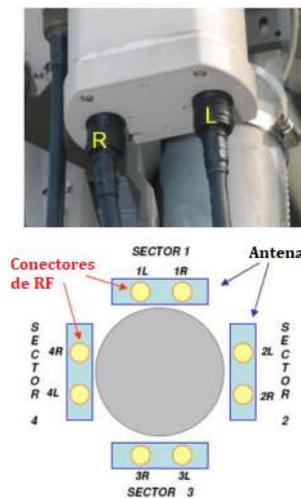
Debido a que estos conectores quedaran expuestos a la intemperie y para evitar que pueda entrar agua en los mismos, es de buena práctica recubrirlos con cinta autosoldante (utilizada en los empalmes eléctricos del tipo subterráneos), debido a que esta cinta una vez aplicada y al estar expuesta al calor y al sol se funde será necesario aplicar primero sobre los conectores cinta aisladora, para evitar que la cinta autosoldante se pegue a los conectores y sea difícil su remoción ante la necesidad de desmontar una antena.



Figura N° 50 Vista de los conectores de RF protegidos con cinta autovulcanizante

4.7.9 Montaje de las antenas

Por último, se montará las cuatro antenas al poste utilizando para eso el kit de montaje incluido con estas de manera de que los cuatro sectores estén a 90° entre si dejando los conectores de RF del tipo "N" hacia abajo. Una vez montadas todas las antenas se procederá a la conexión de estas a la estación base. Los conectores de las antenas también debemos protegerlo del agua aplicando un recubrimiento de cinta como lo hicimos en los conectores del equipo.



Conectores en las antenas	Conectores en la estación base A8n
1L	1
1R	2
2L	3
2R	4
3L	5
3R	6
4L	7
4R	8

Conexion de los cables de RF

Figura N° 51 Conexionado de las antenas a la radio base

En la siguiente imagen se muestran la disposición de los conectores de RF por sectores en el equipo Altai A8n.

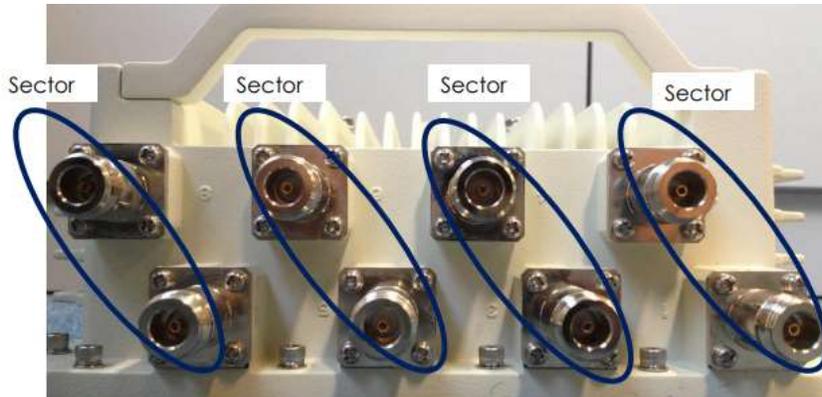


Figura N° 52 Disposición de los conectores en el equipo Altai A8n

4.8 Equipamiento adicional en torres y columnas

A los fines de interconectar los dispositivos de red (puntos de acceso, radios para la red de backhaul, radios para la red de transporte) que se instalaran en los diferentes sitios se hace necesario disponer de un switch ethernet. Los puntos de acceso Altai A8n estarán conectados, desde su puerto ethernet de datos, directamente al puerto ethernet de los radios airMAX GigaBeam Plus 60 GHz, formando una conexión back-to-back. En el caso de la conexión de datos de los equipos de radio de la red de transporte y los equipos de la red de backhaul ubicados en las torres arriostradas, será necesario disponer de un switch ethernet con un mínimo de diez puertos ethernet de 1Gbps del tipo eléctrico, 1000Base-T.

El switch requerido para esta instalación tiene que ser del tipo administrable con soporte de VLANs y agregación de enlaces 802.3ad y ser un equipo del tipo industrial ya que no estará en un ambiente acondicionado, como es un centro de datos, y estará expuesto a altas temperaturas de trabajo durante el verano.

Para este propósito se utilizará el switch IE340L-18GP del fabricante Allied Telesis, este es un switch administrable de dieciséis (16) puertos ethernet 10/100/1000Base-T mas dos puertos de 1Gbps para colocar módulos SFP que pueden ser de cobre o Fibra óptica, soporta VLANs, Calidad de servicio QoS, agregación de enlaces 802.3ad, puede operar en un rango de temperaturas que va desde los -40°C hasta los 65°C y cuenta con montaje en gabinete del tipo riel DIN. Su consumo sin POE (power over ethernet) es de 24W y es alimentado por una fuente de 48V DC. En el Anexo se adjunta la hoja de datos del equipo.



Figura N° 53 Switch industrial Allied Telesis IE340L-18GP

4.9 Energía

Tanto las torres de telecomunicaciones arriostradas donde se montaran los dos equipos “UISP airFiber 60 LR” de la red de transporte y los ocho equipos “UISP airMAX GigaBeam Plus 60 GHz” para la vinculación con cada punto de acceso, como las columnas de iluminación ubicadas en el sector de playas donde se instalara en cada una de estas un punto de acceso “Altai A8n” y un equipo “airMAX GigaBeam Plus 60 GHz” para la conexión de backhaul, se equiparan con un sistema de alimentación eléctrica ininterrumpida (UPS).

Cabe destacar que tanto las columnas de iluminación como las torres dispondrán de acometida eléctrica de 220V, 50Hz.

A continuación, en las siguientes tablas se detallan los consumos de los equipos utilizados en torres y columnas.

Equipos en Torre	Consumo en watts	Cantidad	Consumo total en Watts
UISP airFiber 60 LR	18 W	2 (dos)	36 W
UISP airMAX GigaBeam Plus 60 GHz	11 W	8 (ocho)	88 W
Switch Allied Telesis IE340L-18GP	24 W (Sin POE)	1 (uno)	24 W
		Total	148 W

Equipos en columna	Consumo en watts	Cantidad	Consumo total en Watts
Altai A8n Base Station	30 W (Typical)/65 W (Max.)	1 (uno)	65 W
UISP airMAX GigaBeam Plus 60 GHz	11 W	1 (uno)	11 W
		Total	76 W

Como podemos observar el consumo de energía eléctrica en las torres de comunicaciones será de 148 Watts y 76 Watts en las columnas de iluminación. Para asegurar una alimentación eléctrica estable e ininterrumpida se instalará un sistema de UPS en todos los sitios, para esto se montará en las torres y en las columnas a una altura de 6 metros de la superficie del terreno un gabinete metálico estanco con grado de protección IP65 para uso en exteriores como el de la siguiente imagen



Figura N° 54 Gabinete metálico estanco para montaje en poste

El mismo tendrá en su interior soportes del tipo riel DIN para el montaje del switch Allied Telesis IE340L-18GP y de un interruptor termomagnético para la entrada de la alimentación eléctrica de 220v, una UPS APC de 1,5KVA, como así también un interruptor termomagnético para la salida de la UPS hacia la línea de tomacorrientes. Las medidas aproximadas del gabinete serán de 450 mm de ancho, 510 mm de alto y 170 mm de profundidad tendrá un grado de protección IP65.

La UPS seleccionada es de la marca APC modelo Back-UPS Pro 1500 BR1500G-AR de 1500VA la misma posee entrada y salida de 220v y tiene ocho tomas de tres espigas, sus dimensiones son 302 mm de ancho, 382 mm de alto y 112 mm de profundidad.



Figura N° 55 UPS APC modelo BR1500G-AR

En la siguiente figura se observa el esquema de conexión eléctrica dentro del gabinete estanco, en el caso de las columnas de iluminación donde solo tendremos dos equipos a conectar se puede prescindir de los tomacorrientes y de la térmica de salida de la UPS y realizar la conexión directamente en los tomas corriente eléctricos provistos en la UPS.

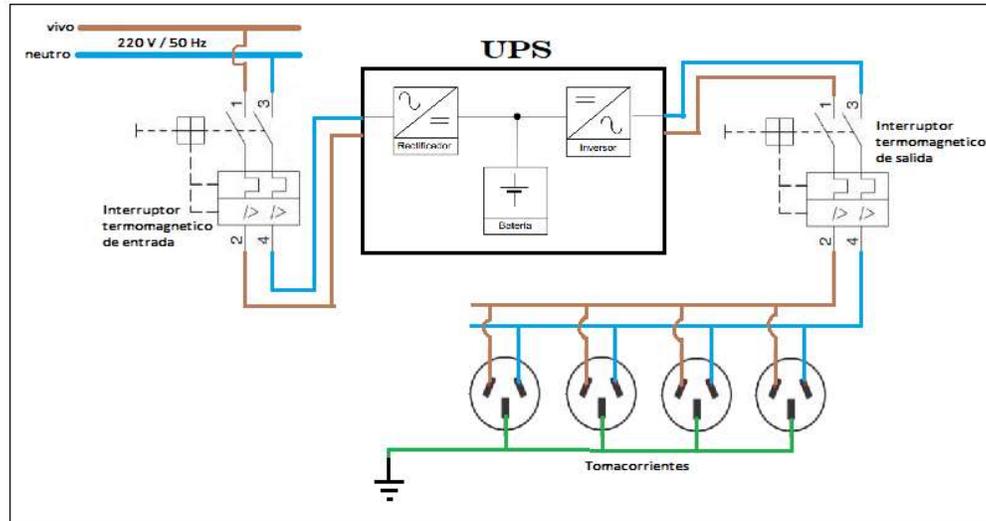


Figura N° 56 Esquema de conexión eléctrica dentro del gabinete estanco

La conexión eléctrica al tablero de hará desde la base de la columna utilizando la abertura que posee para dicha finalidad, cabe destacar que cada poste ya cuenta con su correspondiente acometida eléctrica, por medio de un cable del tipo sintenax de 3 x 2,5 mm de sección que se instalará en el interior de la estructura desde un orificio practicado a la altura de montaje de la caja estanca hasta la abertura de conexión de la columna. En su interior se instalarán dos interruptores termomagnéticos bipolares de 10A, uno conectado a la entrada de la red de 220 V 50Hz (1 y 3) y su salida (2 y 4) conectada a la alimentación eléctrica de la UPS, y el otro conectado en los bornes 1 y 3 a la salida de tensión estabilizada de esta y a la salida del interruptor (2 y 4) conectada a cuatro tomacorrientes de tres espigas con su correspondiente conexión a tierra.

La alimentación eléctrica a los postes de iluminación se realiza mediante un cable subterráneo de 4 x 16 mm² de sección, de los cuales una fase se comanda a distancia para el encendido de las luminarias y las dos fases restantes se utilizan para suministrar tensión a kioscos y paradores de playa que trabajan en la temporada de verano, para la alimentación de las radiobases, UPS mediante, se utilizara una de estas fases eléctricas.

En las siguientes imágenes se puede observar el cable subterráneo de acometida y el tablero eléctrico para cada luminaria el cual posee un interruptor diferencial y un interruptor termomagnético.



Figura N° 57 Acometida eléctrica existente en las columnas de iluminación

4.10 Arquitectura de LAN

En esta sección vamos a definir la arquitectura de la red LAN en el centro de cómputos el cual estará ubicado en el edificio de la municipalidad de Colon, como se mencionó anteriormente, es en este lugar donde se contratará un servicio de acceso a internet provisto por Telecom, ya que es el único operador de servicios de internet en la ciudad.

4.10.1 Hardware de red

Dentro del centro de datos ubicado en el edificio municipal, se dispondrá de un rack de comunicaciones provisto de alimentación estabilizada y ubicado en un ambiente climatizado para tal fin donde se instalarán los siguientes dispositivos.

Firewall Fortinet FortiGate 600E

Wireless Controller AltaiCare Virtual Appliance

Switches Aruba 3810M 16SFP+

También en esta ubicación se realizará la acometida del servicio de internet y se instalará el CPE provisto por el proveedor de servicios y también en caso de requerirse se podrán instalar servidores adicionales para servicio como DNS cache, Proxy WEB, monitoreo, etc.

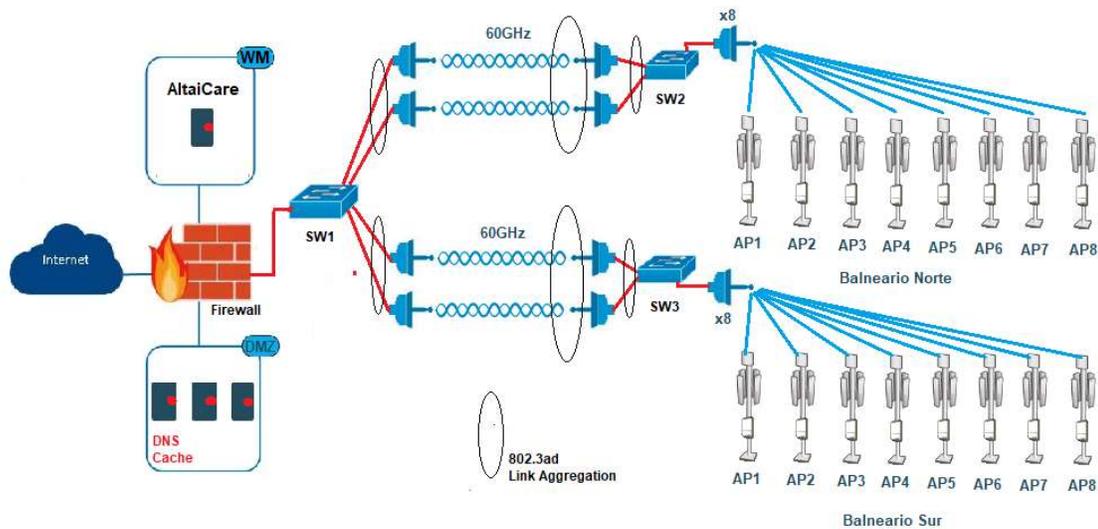


Figura N° 58 Arquitectura de la infraestructura de red

La conectividad entre el switch 1 y el firewall se realiza mediante dos interfaces de 1GE, esta conexión se realizará en modo trunk habilitando el pase de tags dot1q con las VLAN's definidas para el tráfico de datos de usuarios por zona y la VLAN para la administración de los equipos. El protocolo nivel dos utilizado para esta vinculación es 802.1Q.

Los Servidores en el perímetro DMZ pueden estar configurados con dos placas de red con IP virtual para redundancia. Las placas de red estarían conectadas al SW1, o en el caso de realizar una implementación de alta disponibilidad con dos switches, cada una a un switch de acceso. En el SW1 están a su vez conectados los radios de la red de transporte, cada uno a un puerto de 1GE.

En el extremo balneario también se instalarán dos switches de capa 2, SW2 y SW3, donde se conectan por un lado los radios de la red de transporte y los radios de la red de backhaul. Tanto en el SW1 como en el SW2 y SW3 los puertos de 1GE donde se conectan los radios de la red de transporte tendrán una configuración 802.3ad (link Aggregation) dinámica, para esto será necesario habilitar el protocolo LACP en los grupos de interfaces.

Los servidores instalados en el perímetro DMZ prestarán servicios de DNS cache con el objeto de reducir el tráfico generado por las consultas DNS sobre el enlace de internet, también si se requiere se puede implementar, con el mismo fin, un servidor proxy web con el objeto de disponer de un cache local de las páginas web más visitadas.

En otro perímetro del firewall se conectarán los dispositivos administradores inalámbricos, como es el caso del AltaiCare que se instalará en un servidor existente dentro de la infraestructura de sistemas municipal, un sistema por ambas zonas balnearias ya que soporta un total de 1000 usuarios por elemento de red. Los servidores alojados en la DMZ como así también el wireless manager AltaiCare deberán estar en subredes y diferentes VLAN's para prevenir conexiones de nivel 2 entre ellos, las VLAN's serán numeradas en los rangos del 100-199 para el tráfico de datos de los usuarios y 1100-1199 para administración de equipos y perímetros del firewall.

4.10.2 Direccionamiento IP

Un dispositivo que opera en capa 3 del modelo de referencia OSI (capa de red) como lo es un firewall delimita las redes, por esta razón se deberá seleccionar un pool de direcciones IP privadas para ser utilizado tanto por los clientes WIFI como para el direccionamiento de los equipos, APs, radios, switches, servidores dentro de la LAN interna. Dependiendo de la cantidad de clientes WIFI que se esperan tener, se dimensiona el rango de direcciones IPs. En el caso de esta arquitectura WiFi se seleccionará direccionamiento IP privado /20 (mascara de subred 255.255.240.0) el cual permite direccionar 4096 hosts, se usara uno para cada sector balneario, si bien todos los clientes de cada zona estarán en la misma subred el tráfico entre clientes WIFI de la misma radio base estará bloqueado en cada punto de acceso, y el tráfico entre clientes de diferentes radio bases será bloqueado en el switch donde tributan las radio bases de cada sector balneario, para esto se aplicara una configuración VLAN privada, el objetivo de configurar una VLAN privada permite un mayor control sobre el tráfico de la red. En redes públicas en particular, los usuarios pueden ser vulnerables a ataques de otros usuarios en la mismo LAN, además, normalmente no existe una necesidad real de que estos usuarios puedan comunicarse directamente entre sí, una VLAN privada es una solución que crea una situación en la que los usuarios están aislados entre sí, y solo pueden intercambiar paquetes con puertos que se conectan al upstream de la red. Con esta configuración todo el trafico generado por los usuarios será conmutado indistintamente hacia la interfaz del firewall de red y posteriormente ruteado a Internet.

Dicho esto, asignamos el direccionamiento IP para cada segmento de la red su correspondiente mascara de subred, puerta de enlace predeterminada y VLAN a configurar en los dispositivos de red.

perímetro	Red	Mascara de subred	Puerta de enlace	VLAN
Usuarios Balneario Sur	172.16.0.0	255.255.240.0	172.16.0.1	10
Usuarios Balneario Norte	172.16.16.0	255.255.240.0	172.16.16.1	20
Gestión de equipos	172.31.254.0	255.255.255.0	172.31.254.1	254
DMZ	172.31.100.0	255.255.255.0	172.31.100.1	100
Perímetro Wireless Controller	172.31.200.0	255.255.255.0	172.31.200.1	200

En la sección Anexo “A” se encuentra la asignación de direcciones IPs a cada dispositivo de red

4.10.3 Requerimiento de ancho de banda de la conexión a Internet

Como se describió en la sección 4.7.4 el ancho de banda requerido por cada radio base en un escenario de máxima concurrencia de usuarios es de 53 Mbps, teniendo en cuenta que por cada zona balnearia hay un total de ocho puntos de acceso el ancho de banda agregado en la red de transporte será de 424 Mbps por cada zona lo que hace un total de tráfico hacia internet de 848 Mbps por lo que será necesario disponer de un enlace a internet de 1Gbps

Cabe aclarar que el ancho de banda (BW) de la conexión a internet se obtiene partiendo del BW agregado de cada radio base, y este del ofrecido a cada usuario, el cual es 2 Mbps, en el caso de que en un futuro se requiera aumentar el BW por usuario, por ejemplo 4 Mbps, tanto las radio bases como la infraestructura de backhaul y transporte están preparadas para soportar dicho tráfico debiendo solamente realizar un upgrade de la velocidad del acceso a internet de 1 a 2 Gbps, teniendo en cuenta lo anterior, y considerando que un proveedor de servicios de internet nos entregará cualquier enlace mayor a 1 Gbps sobre una interfaz de

10Gbps, el Firewall FortiGate 600E seleccionado cuenta con interfaces de 10Gbps las cuales se utilizaran para las interfaces de LAN y WAN respectivamente.

El servicio por contratar será entonces un acceso a Internet dedicado para empresas provisto por Telecom, único proveedor de servicio de internet en la ciudad, con una velocidad de 1Gbps, disponibilidad del servicio del 99,75 % anual (SLA), Operación, soporte y mantenimiento las 24 horas, los 365 días del año. Este servicio no conlleva costo de obra ya que el edificio municipal cuenta con acometida de fibra óptica del proveedor por lo que se usaran para este servicio “pelos” de fibra disponibles en el repartidor ODF (Optical Distribution Frame).

4.10.4 Seguridad

Como se menciona en el apartado 4.10.2 la visibilidad a nivel red entre usuarios concurrentes a un punto de acceso como así también entre estos se encuentra bloqueada debido a la configuración de una VLAN privada en los switches. A nivel seguridad WiFi al ser una red publica la misma no contará con ningún mecanismo de autenticación pudiendo los usuarios conectarse directamente a la red que estará “abierta” y difundiendo su SSID “Playa Sur WiFi zone” y “Paya Norte WiFi zone” en la zona correspondiente.

A modo de advertir a los usuarios del servicio que están ingresando a una red WiFi publica y deslindar de responsabilidad al municipio por las acciones de estos en Internet, se configurara un portal cautivo en la interfaz LAN del firewall FortiGate 600E el cual una vez que el usuario se conecta le mostrara en el navegador del dispositivo la siguiente advertencia.



Figura N° 59 Disclaimer del portal cautivo para los usuarios que acceden a la red

Si el usuario acepta el acuerdo de descargo de responsabilidad se lo direccionará a una “landing page” que será el sitio web oficial de la ciudad de Colon www.colonturismo.tur.ar

CAPITULO V

Análisis económico

CAPITULO V: Análisis económico

En esta sección se realizará un análisis económico necesario para llevar a cabo el proyecto, debido a que el servicio a brindar es público y gratuito y este será costado en su totalidad por inversión privada que quiera contribuir brindando un servicio público o, en el caso más probable, con fondos públicos del municipio de la ciudad, en ambos casos no tendremos un retorno directo de la inversión fruto de los ingresos económicos por el servicio brindado ya que este persigue como objetivo ofrecer un servicio gratuito diferenciado que aporte valor agregado al atractivo natural de las playas de Colon.

5.1 Consumidores y clientes

5.1.1 Características principales

El servicio propuesto en el presente proyecto está direccionado a los usuarios de las playas de la ciudad de Colon, los mismos están comprendidos en su mayoría por turistas provenientes de diferentes partes del país los cuales arriban a la ciudad generalmente entre los meses de diciembre y marzo de cada año como así también a los habitantes de la ciudad y de ciudades aledañas dentro del departamento Colon que todos los fines de semana durante todo el año visitan la ciudad y recorren las playas.

5.2 Posicionamiento deseado en la región

Este proyecto posee un gran potencial para la ciudad de Colon ya que, como mencionamos anteriormente, busca ofrecer un servicio diferenciado que brinde un valor agregado al atractivo turístico principal de la costa del río Uruguay como son las playas públicas de los diferentes departamentos y ciudades como Colon, Gualaguaychú, Concepción del Uruguay, San Jose, Concordia, por lo que el servicio propuesto posiciona a la ciudad y sus playas como única en su tipo.

5.3 Servicios sustitutos

Descripción de los servicios sustitutos

5.3.1 Conectividad de datos 3G, 4G, LTE, 5G

La conectividad de datos 3G, 4G, LTE, 5G ofrecida por los operadores telefónicos, si bien esta desplegada masivamente en todo el país y la mayoría de los usuarios que disponen de teléfonos celulares poseen un plan de datos que les brinda un acceso a internet por medio de estas redes, el mismo en la mayoría de los casos es limitado a un volumen de datos contratados, “pack de datos” el cual se corresponde con el abono mensual del servicio. Por otro lado, y tal como lo hemos mencionado anteriormente, las playas de la ciudad están en una zona no poblada y que, debido a las características del terreno, ubicación, densidad de clientes aleatoria y muy cambiante durante el día y los diferentes meses del año, nunca fue de interés de las compañías telefónicas en cuanto al despliegue de infraestructura que posibilite ofrecer un buen servicio de datos y conectividad a Internet.

5.4 Análisis FODA

5.4.1 Fortalezas

- Tecnología Wireless, permite movilidad, evita cableados.
- Servicio público y gratuito
- Únicos proveedores de servicio de Internet en la zona
- Fácil y rápida integración de nuevos usuarios a la red (red abierta)
- Posibilidad de implementar otros servicios sobre la infraestructura de red (VoIP, Video Vigilancia, telemetría de control (anemómetros, estaciones meteorológicas, etc.)

5.4.2 Oportunidades

- Posibilidad de crecimiento del servicio hacia toda la zona costera de la ciudad, (costanera, puerto)
- Posicionamiento turístico de las playas de la ciudad en la región
- Ofrecer nuevos servicios sobre la red una vez que la misma esté implementada, (monitoreo, vigilancia)

5.4.3 Debilidades

- Disconformidad o percepción negativa del servicio por parte de usuarios que requieran un mayor ancho de banda del ofrecido para el uso de alguna aplicación en particular

5.4.4 Amenazas

- Mercado competitivo y con barreras no muy significativas de entrada en cuanto al acceso a tecnología para brindar similar servicio.
- Disminución de la demanda, ante nuevos servicios de datos de similares características por parte de las empresas competentes en el mercado de las telecomunicaciones.
- Único proveedor de servicio de Internet con alto poder de negociación y difícil de sustituir
- Daños en la infraestructura de red debido a inundaciones

5.5 Costos

A continuación, realizaremos un análisis de los costos del proyecto dividiendo los mismos en costos de puesta en marcha del proyecto en su totalidad y costos operativos

5.5.1 Costos del equipamiento de networking

El costo del equipamiento de networking necesario para llevar a cabo el proyecto se obtuvo de proveedores locales, en el caso de los equipos Altai y Ubiquiti la empresa que los importa y comercializa es Minotech SRL, en el caso del firewall de la marca Fortinet el proveedor local es Novared, por otro lado, los switches Aruba y Allied Telesis son provistos por la empresa Febicom S.A. Si bien el costo de los mismos esta expresado en dólares estadounidenses, se realizó la conversión a pesos argentinos según la cotización del dólar oficial del Banco Nación.

Equipamiento	Precio Unitario USD	Cantidad	Precio Total USD	Descripcion
Firewall FortiGate 600E	10133,97	1	10133,97	2 x 10GE SFP+ slots, 10 x GE RJ45 ports (including 1 x MGMT port, 1 X HA port, 8 x switch ports), 8 x GE SFP slots, SPU NP6 and CP9 hardware accelerated
Switch Aruba 3810M	7068	1	7068	
Aruba X731 12VDC 250W Power Supply	336	1	336	Fuente de alimentacion redundante para Aruba 3810M
Aruba modulo SFP 1000Base-T	225	5	1125	Modulos SFP para Switc Aruba 3810M
AltaiCare On-Premises Software Package	5142,86	1	5142,86	AltaiCare Virtual Machine Image
AltaiCare On-Premise License Pack of 100	5142,86	1	5142,86	AltaiCare License Pack of 100 NE Points
AltaiCare On-Premise Software Upgrade for License Pack of 100	1071,43	1	1071,43	AltaiCare On-Premise Software Upgrade Fee for Licence Pack of 100 NE Points
UISP airFiber 60 LR	399	8	3192	
UISP airMAX GigaBeam Plus 60 GHz	179	32	5728	
Switch Allied Telesis IE340L-18GP	2625	18	47250	
Altai A8n Base Station	9673,95	16	154783,2	
TOTAL USD			240973,32	
TOTAL \$ AR (dólar oficial 162,50)			39158164,5	

5.5.2 Costos del equipamiento eléctrico

Equipamiento Eléctrico	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total	Descripción
UPS APC Pro-1500 BR1500G-AR	100989	18	1817802	
Cable Sintenax 3 x 2,5 mm2 (metros)	617	150	92550	
Gabinete estanco	31950	18	575100	Gabinete de chapa exterior IP65 450 mm x 510 mm x 170 mm
Interruptor termomagnético 10A Schneider	2594	36	93384	
TOTAL \$ ARS			2578836	

5.5.3 Costo montaje de torres arriostradas

El costo total de la torre consta de la estructura con todos sus accesorios para el montaje de esta, el traslado de la estructura al sitio y la mano de obra por la instalación de cada sector balneario. El kit para el montaje incluido en el costo de las torres incluye los siguientes elementos:

- ✓ Tramos/módulos de torre de 3 metros de longitud
- ✓ Bulones 3/8
- ✓ Tensores torniquetes N5
- ✓ Anclajes 10x800mm
- ✓ Base triangular de hormigón
- ✓ Soporte de hierro en forma "T"
- ✓ Rollo de riendas de alambre para colocar cada 6m, a 3 planos mas riendas estabilizadoras
- ✓ Estrella estabilizadora anti-torsión

Torres	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total	Descripción
Torre arriostrada Torrenor modelo TN10-8 x 27 Balneario Norte	157500	1	157500	Torre Balneario Norte 21 mts, 7 tramos de 3 metros, con kit de instalación 3 niveles de riendas y a 3 puntos de anclaje
Costo de entrega en sitio Balneario Norte	15000	1	15000	
Costo de instalacion Balneario Norte	70000	1	70000	
Torre arriostrada Torrenor modelo TN10-8 x 27 Balneario Sur	202500	1	202500	Torre Balneario Sur 27 mts, 9 tramos de 3 metros con kit de instalación, 3 niveles de riendas y a 3 puntos de anclaje
Costo de entrega en sitio Balneario Sur	15000	1	15000	
Costo de instalación Balneario Sur	90000	1	90000	
TOTAL \$ ARS			550000	

5.5.4 Costos instalación y puesta en marcha de la infraestructura de red

Para la instalación y puesta en marcha del proyecto se requerirá contar con la mano de obra de dos empleados municipales que estén abocados a esta tarea los cuales deberán contar con conocimientos de electricidad y montaje de equipos en altura, personal electricista de obras de alumbrado público podría ser un perfil acorde para este trabajo. El puesto de personal calificado para el montaje de antenas, orientación, conexionado de equipos, etc. No será evaluado en este proyecto como un costo ya que el mismo será realizado por el autor del presente trabajo de ingeniería. El personal abocado a estas tareas ira a lo largo del trabajo de instalación y puesta en marcha adquiriendo conocimientos técnicos para emplearlos luego en las tareas de operación y mantenimiento de la red.

Instalación y puesta en marcha	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total	Descripción
Sueldo bruto personal para instalación y puesta en marcha	165000	2	330000	Sueldo Mensual empleado municipal dedicado a esta tarea
TOTAL \$ ARS			330000	

5.5.5 Costo soporte y mantenimiento de equipos de networking

El equipamiento referenciado en la siguiente tabla requiere la contratación de un mantenimiento y soporte por parte del proveedor y/o fabricante de estos. Para el caso del Firewall FortiGate 600E el soporte contempla el reemplazo del equipo en caso de avería y la protección a nivel de seguridad compuesta por antivirus, malware y filtrado web, el mismo se abona al adquirir el equipo y tiene una duración de un año a partir del cual se deberá renovar. En el caso del Switch Aruba 3810M el soporte contempla reemplazo de partes o el equipo completo en caso de falla, soporte y actualizaciones del sistema operativo, el mismo se abona al adquirir el equipo y su duración es por 5 años. Para el caso de las radio bases Altai A8n, AltaiGate 200 y Altai AWMS los equipos cuentan con garantía por desperfecto, soporte y actualización de software por parte del fabricante, dichos costos están incluidos con la compra del equipamiento.

Soporte y mantenimiento	Precio Unitario USD	Cantidad	Precio Total USD	Descripción
Firewall FortiGate 600E	17109	1	17109	Unified Threat Protection (UTP) (IPS, Advanced Malware Protection, Application Control, Web & Video Filtering, Antispam Service, and 24x7 FortiCare)
Switch Aruba 3810M	4440	1	4440	HPE 5Y FC 24 x 7 Aruba 3810M 16SFP+ SVC [for JL075A]
TOTAL USD			21549	
TOTAL \$ ARS (dólar oficial 162,50)			3501712,5	

5.5.6 Costo servicios de datos (Internet)

Servicio de datos	Precio Unitario USD	Cantidad	Precio Total USD	Descripción
Acceso a Internet 1Gbps	4600	1	4600	Servicio Internet dedicado para empresas 1Gbps Telecom (contrato 24 meses)
TOTAL \$ AR			4600	
TOTAL \$ ARS (dólar oficial 162,50)			747500	

5.5.7 Costo operación y mantenimiento de la infraestructura de red

Como se mencionó en la sección 5.5.4 el personal municipal que participara en la instalación y puesta en marcha del proyecto será el que continúe con las tareas de operación y mantenimiento de la infraestructura de red para lo cual será debidamente capacitado para este fin y en todo momento dispondrá del soporte por parte de los proveedores de equipos en el caso de necesitar realizar alguna configuración o resolver algún problema que exceda a los conocimientos adquiridos durante el armado de la infraestructura como en la capacitación previa recibida.

Operación y mantenimiento	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total	Descripción
Sueldo bruto personal calificado operación y mantenimiento	165000	2	330000	Sueldo Mensual empleado municipal dedicado a esta tarea
TOTAL \$ ARS			330000	

5.5.8 Costos de capital (CAPEX)

Del análisis anterior en la siguiente tabla podemos observar el costo de capital para la ejecución del proyecto incluyendo el soporte del equipamiento el cual una vez expirado el plazo de este pasara a considerarse costos operativos.

Costos de capital (CAPEX)	Total en pesos ARS
Equipamiento de red	39158164,5
Equipamiento Eléctrico	2578836
Torres	550000
Instalación y puesta en marcha	330000
Soporte y mantenimiento	3501712,5
	46118713

5.5.9 Costos Operativos (OPEX)

Para el cálculo de los costos de operación, tomando el primer mes (mes 1) como el mes de inicio de la prestación del servicio de WiFi en las playas de la ciudad de Colon, que se considerara a modo practico en la fecha de la presentación de este trabajo, consideraremos, para representar la variación de los costos, un ajuste inflacionario del 80% anual que se vera reflejado en el aumento de los sueldos del personal abocado a las tareas de operación y mantenimiento, por otra parte y a los fines prácticos, consideraremos que el valor del dólar oficial con el cual calculamos los costos del servicio de internet y el soporte del equipamiento de red no varia y se mantiene al valor actual de 162,5 pesos argentinos por cada dólar

estadounidense. Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado y considerando que a nivel económico resulta complejo tener una proyección del ajuste de sueldos por inflación (ya que depende de lo que los gremios correspondientes arreglen en los acuerdos de paritarias) como así también la cotización del dólar oficial en la siguiente tabla se muestran los costos operativos en el transcurso de 5 meses (considerando que los sueldos no varían) y se indican los costos de los contratos de soporte anuales como es el caso del equipamiento Fortinet y el que se deberá abonar transcurridos los 5 años por el soporte del equipamiento Aruba.

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Total 5to mes	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
OPEX											
Costo laboral (sueldos empleados municipales)	330000	330000	330000	330000	330000	1650000	Sueldo ajustado por inflación				
Costo servicio Internet	747500	747500	747500	747500	747500	3737500	8970000	8970000	8970000	8970000	8970000
Soporte equipamiento Fortinet	0	0	0	0	0	0	2780121,5	2780121,5	2780121,5	2780121,5	2780121,5
Soporte equipamiento Aruba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	721500

Conclusión y trabajo futuro

La experiencia obtenida en el desarrollo de este trabajo ha permitido confirmar la viabilidad técnica de la tecnología WiFi en condiciones de utilización real, es decir, ha demostrado el potencial que tienen las tecnologías actuales y los equipos inalámbricos que se encuentran hoy en el mercado, como así también su viabilidad técnica y fácil configuración, para el despliegue de infraestructuras de telecomunicaciones que nos ayuden a resolver o satisfacer necesidades de la vida cotidiana. Gracias al avance de la tecnología en materia de telecomunicaciones y a la masificación de las mismas a nivel mundial hace que hoy en día el uso de dispositivos que nos permiten el acceso a internet esté al alcance de la mayoría de las personas, y con esto, la necesidad de disponer de una conexión a internet de calidad ya sea por cuestiones de ocio o laborales hace que muchos usuarios tomen decisiones en cuanto a lugares a visitar, vacacionar prestando atención si estos lugares cuentan con acceso a internet ya sea WiFi o buena cobertura de red celular. Lamentablemente las empresas proveedoras de servicio de telecomunicaciones no están interesadas en realizar despliegues de infraestructura para brindar servicio de conectividad en zonas no pobladas o satisfacer un aumento en la demanda de conexiones por periodos de tiempo, por el costo de inversión que las mismas acarrearán, tal es así que es frecuente encontrarse sin señal o con un servicio muy deficiente de acceso a internet en rutas, playas, entornos rurales o en lugares con mucha concentración de personas, como recitales, estadios y eventos masivos de todo tipo. En el caso de las playas de la ciudad de Colon se concatenan dos situaciones, por un lado, estos lugares son zonas agrestes no pobladas, apartadas de la zona urbana y por otro lado, reciben una gran cantidad de visitantes durante la temporada de verano donde la concentración de personas en la zona se incrementa exponencialmente. Con la ejecución y puesta en marcha del presente proyecto es posible brindar un servicio de acceso a internet que brinde un servicio gratuito a los visitantes de Colon, este a su vez posicionaría a las playas de la ciudad como únicas en la región incentivando año tras años a que más visitantes opten por visitarlas contribuyendo así a un incremento del consumo de otros servicios en la ciudad y la región.

Por otro lado, el presente proyecto, si bien está abocado a brindar un servicio de acceso a internet, deja implementada una infraestructura de comunicaciones la cual posibilita el despliegue de otros servicios que pueden ser disparadores para futuros proyectos de ingeniería, a modo de referencia podemos citar la implementación de cámaras de seguridad a las cuales podrían tener acceso prefectura naval argentina, la policía departamental de Colon para la prevención de delitos en la zona de playas, también se podrían utilizar cámaras para suministrar imágenes en tiempo real de las playas y publicarlas en el sitio web de la ciudad para que el público pueda conocer el estado de las mismas, altura del río, cantidad de personas, etc., como ayuda al personal guardavidas que podrían tener un centro de monitoreo que supervise y/o alerte al personal en las playas de eventuales peligros, todo esto brinda una mayor seguridad a los visitantes y agrega un valor importante que sin lugar a duda tendrá un peso a la hora de la elección de un lugar para vacacionar por parte de turista y público en general haciendo que mas personas vengan a la ciudad y por ende se incremente el consumo de bienes y servicios incrementando de esta forma la economía de los habitantes de la ciudad y alrededores.

Referencias

El presente trabajo tiene como referencia principal la experiencia adquirida por parte del autor a lo largo de 15 años en el ámbito laboral relacionado con redes de comunicaciones, por lo que muchos de los conceptos y buenas practicas en el diseño propuesto tienen dicha experiencia como principal referente.

Estándares de redes inalámbricas 802.11x

<https://standards.ieee.org/search/?q=802.11>

Concepto zonas de Fresnel

https://mrcet.com/downloads/digital_notes/ECE/IV%20Year/WIRELESS%20COMMUNICATIONS%20AND%20NETWORKS_30112018.pdf

Directiva general 61 ENACOM para radio enlaces interferentes

https://www.enacom.gob.ar/multimedia/noticias/archivos/201408/archivo_20140822103439_9682.pdf

Radio bases Altai

<https://www.altatechnologies.com/portfolio-item/a8nac/>

Diversidad de antenas

https://hmong.es/wiki/Space_diversity

Bandas de RF no licenciadas

https://www.enacom.gob.ar/bandas-de-uso-compartido-sin-autorizacion_p680

Switches Allied telesys

<https://www.alliedtelesis.com/ar/en/products/switches/Industrial>

Switches Aruba

<https://www.arubanetworks.com/es/productos/switches/conmutadores-de-acceso/3810-series/>

Firewall Fortinet

<https://www.fortinet.com/lat/products/next-generation-firewall>

ANEXOS

Anexo A- Direccionamiento IP

A continuación, se muestra la asignación de direcciones IPs para los equipos de la red, en los enlaces punto a punto, tanto de la red de backhaul como de la red de transporte el direccionamiento IP de menor valor siempre se asignará al equipo mas cercano a la salida a internet.

Dispositivo	Interface Name	IP	VLAN
FortiGate 600E	LAN Balneario Norte	172.16.0.1	10
FortiGate 600E	LAN Balneario Sur	172.16.16.1	20
FortiGate 600E	Mgmt	172.31.254.1	254
Fatigate 600E	DMZ	172.31.100.1	untagged
FortiGate 600E	Perímetro 1	172.31.200.1	untagged
FortiGate 600E	WAN	IP Publica ISP	untagged
AP1 BN	Mgmt	172.31.254.11	254
AP2 BN	Mgmt	172.31.254.12	254
AP3 BN	Mgmt	172.31.254.13	254
AP4 BN	Mgmt	172.31.254.14	254
AP5 BN	Mgmt	172.31.254.15	254
AP6 BN	Mgmt	172.31.254.16	254
AP7 BN	Mgmt	172.31.254.17	254
AP8 BN	Mgmt	172.31.254.18	254
AP1 BS	Mgmt	172.31.254.21	254
AP2 BS	Mgmt	172.31.254.22	254
AP3 BS	Mgmt	172.31.254.23	254
AP4 BS	Mgmt	172.31.254.24	254
AP5 BS	Mgmt	172.31.254.25	254
AP6 BS	Mgmt	172.31.254.26	254
AP7 BS	Mgmt	172.31.254.27	254
AP8 BS	Mgmt	172.31.254.28	254
PtP Backhaul AP1 BN	Mgmt	172.31.254.111 y 211	254
PtP Backhaul AP2 BN	Mgmt	172.31.254.112 y 212	254
PtP Backhaul AP3 BN	Mgmt	172.31.254.113 y 213	254
PtP Backhaul AP4 BN	Mgmt	172.31.254.114 y 214	254
PtP Backhaul AP5 BN	Mgmt	172.31.254.115 y 215	254
PtP Backhaul AP6 BN	Mgmt	172.31.254.116 y 216	254
PtP Backhaul AP7 BN	Mgmt	172.31.254.117 y 217	254
PtP Backhaul AP8 BN	Mgmt	172.31.254.118 y 218	254
PtP Backhaul AP1 BS	Mgmt	172.31.254.121 y 221	254
PtP Backhaul AP2 BS	Mgmt	172.31.254.122 y 222	254
PtP Backhaul AP3 BS	Mgmt	172.31.254.123 y 223	254
PtP Backhaul AP4 BS	Mgmt	172.31.254.124 y 224	254

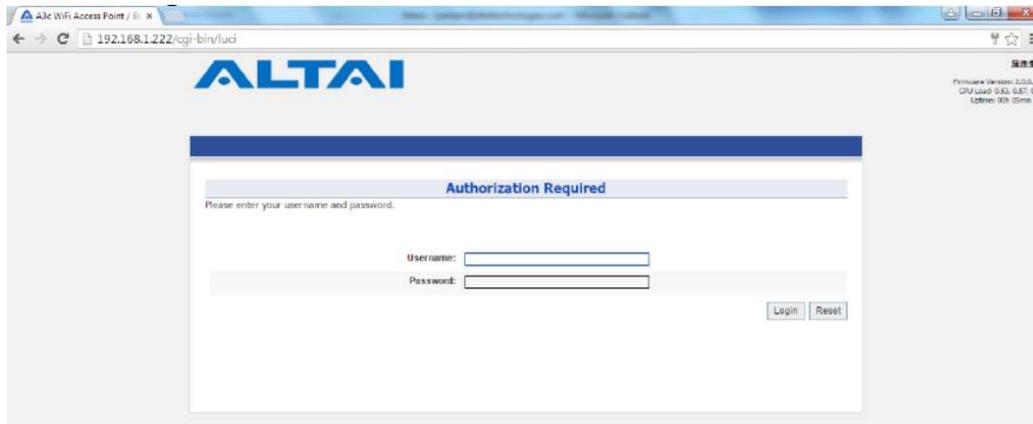
Dispositivo	Interface Name	IP	VLAN
PtP Backhaul AP5 BS	Mgmt	172.31.254.125 y 225	254
PtP Backhaul AP6 BS	Mgmt	172.31.254.126 y 226	254
PtP Backhaul AP7 BS	Mgmt	172.31.254.127 y 227	254
PtP Backhaul AP8 BS	Mgmt	172.31.254.128 y 228	254
PtP1 red transporte BN	Mgmt	172.31.254.101 y 201	254
PtP2 red transporte BN	Mgmt	172.31.254.102 y 202	254
PtP1 red transporte BS	Mgmt	172.31.254.103 y 203	254
PtP2 red transporte BS	Mgmt	172.31.254.104 y 204	254
Switch AP1 BN	Mgmt	172.31.254.10	254
Switch AP2 BN	Mgmt	172.31.254.20	254
Switch AP3 BN	Mgmt	172.31.254.30	254
Switch AP4 BN	Mgmt	172.31.254.40	254
Switch AP5 BN	Mgmt	172.31.254.50	254
Switch AP6 BN	Mgmt	172.31.254.60	254
Switch AP7 BN	Mgmt	172.31.254.70	254
Switch AP8 BN	Mgmt	172.31.254.80	254
Switch AP1 BS	Mgmt	172.31.254.110	254
Switch AP2 BS	Mgmt	172.31.254.120	254
Switch AP3 BS	Mgmt	172.31.254.130	254
Switch AP4 BS	Mgmt	172.31.254.140	254
Switch AP5 BS	Mgmt	172.31.254.150	254
Switch AP6 BS	Mgmt	172.31.254.160	254
Switch AP7 BS	Mgmt	172.31.254.170	254
Switch AP8 BS	Mgmt	172.31.254.180	254
Switch Torre BN	Mgmt	172.31.254.201	254
Switch Torre BS	Mgmt	172.31.254.202	254
Switch Centro Cómputos	Mgmt	172.31.254.200	254
WM AltaiCare	Perímetro 1	172.31.200.10	untagged
DNS Cache	DMZ	172.31.100.10	untagged

Anexo B- Configuración Equipamiento de la red

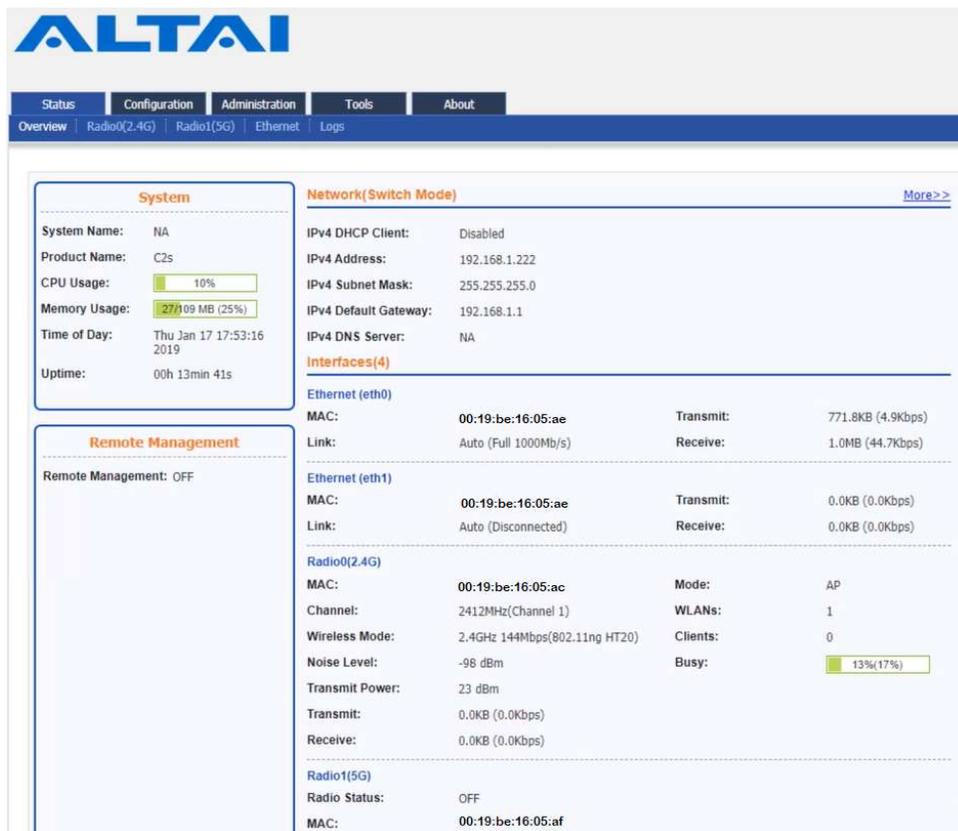
B-1 Configuración Radio Base Altai A8n

En esta sección se muestra la configuración de los puntos de acceso Altai A8n, debido a que en la configuración de cada equipo varia solamente la dirección IP de este, se mostrara la configuración de un solo equipo a modo de referencia.

Una vez energizado mediante su fuente de alimentación POE y conectado a la red se ingresará por medio de un browser a la dirección IP de default de este la cual es 192.168.1.222, para esto se deberá configurar una dirección IP del mismo rango en la PC o dispositivo desde donde se realizará la configuración, ingresando en el explorador a la url <http://192.168.1.222> se ingresa a la GUI de administración del equipo como se ve en la siguiente figura.



A continuación, ingresamos el usuario y password por defecto el cual es Username: **Admin**, Password: **Admin** y aceptamos seleccionando en el botón “login”, de esta forma ingresamos a la pantalla principal del equipo donde se observan las diferentes interfaces de red tanto cableadas como inalámbricas, información de los recursos del sistema como uso de CPU, memoria, fecha y hora actual como así también tiempo de uptime, también podemos observar la dirección IP de administración. Navegando por las diferentes pestañas superiores podemos ir accediendo a las diferentes secciones de configuración del equipo.



System

- System Name: NA
- Product Name: C2s
- CPU Usage: 10%
- Memory Usage: 270.09 MB (25%)
- Time of Day: Thu Jan 17 17:53:16 2019
- Uptime: 00h 13min 41s

Network(Switch Mode)

- IPv4 DHCP Client: Disabled
- IPv4 Address: 192.168.1.222
- IPv4 Subnet Mask: 255.255.255.0
- IPv4 Default Gateway: 192.168.1.1
- IPv4 DNS Server: NA

Interfaces(4)

Ethernet (eth0)

- MAC: 00:19:be:16:05:ae
- Link: Auto (Full 1000Mb/s)
- Transmit: 771.8KB (4.9Kbps)
- Receive: 1.0MB (44.7Kbps)

Ethernet (eth1)

- MAC: 00:19:be:16:05:ae
- Link: Auto (Disconnected)
- Transmit: 0.0KB (0.0Kbps)
- Receive: 0.0KB (0.0Kbps)

Radio0(2.4G)

- MAC: 00:19:be:16:05:ac
- Channel: 2412MHz(Channel 1)
- Wireless Mode: 2.4GHz 144Mbps(802.11ng HT20)
- Noise Level: -98 dBm
- Transmit Power: 23 dBm
- Transmit: 0.0KB (0.0Kbps)
- Receive: 0.0KB (0.0Kbps)
- Mode: AP
- WLANs: 1
- Clients: 0
- Busy: 13%(17%)

Radio1(5G)

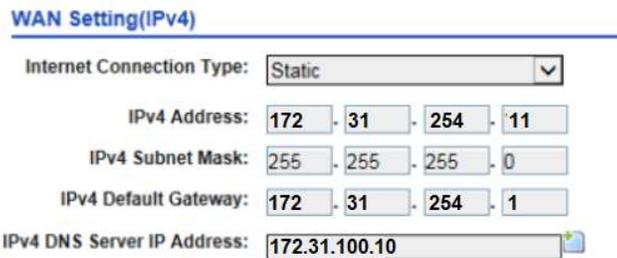
- Radio Status: OFF
- MAC: 00:19:be:16:05:af

Remote Management

- Remote Management: OFF

Antes de continuar con la configuración debemos anotar la dirección MAC Ethernet del dispositivo (00:19:be:16:05:ae) ya que será la referencia una vez que el Access point se registre en el software de gestión y así podremos identificar el dispositivo que estamos configurando.

Cabe destacar que las radio bases Altai A8n serán gestionadas en su totalidad por el software AltaiCare por lo que solo será necesario configurar en cada dispositivo la asociación a este software, para esto será necesario que los equipos tengan conectividad a nivel IP con el controlador, para configurar la dirección IP en cada AP podemos recurrir a un servicio de DHCP el cual se podría implementar en la interfaz correspondiente del firewall FortiGate 600E de esta manera se asigna dinámicamente una dirección IP a cada dispositivo. En nuestro caso la configuración IP se hará manualmente, para esto nos dirigimos a la pestaña **Configuration > Network > General > WAN Settings** y dentro de esta configuraremos la dirección IP de acuerdo con la tabla del Anexo-A según el punto de acceso que estemos configurando como se muestra en la siguiente figura.



WAN Setting (IPv4)

Internet Connection Type: **Static**

IPv4 Address: **172 . 31 . 254 . 11**

IPv4 Subnet Mask: **255 . 255 . 255 . 0**

IPv4 Default Gateway: **172 . 31 . 254 . 1**

IPv4 DNS Server IP Address: **172.31.100.10**

Una vez realizada la configuración de la dirección IP tendremos que definirle la VLAN para administración, ya que esta se realizara en una red separada para tal fin. Para esto ingresamos a la sección **Configuración > Network > VLAN** y definimos para las interfaces ethernet la VLAN ID 254 como se muestra en la siguiente imagen



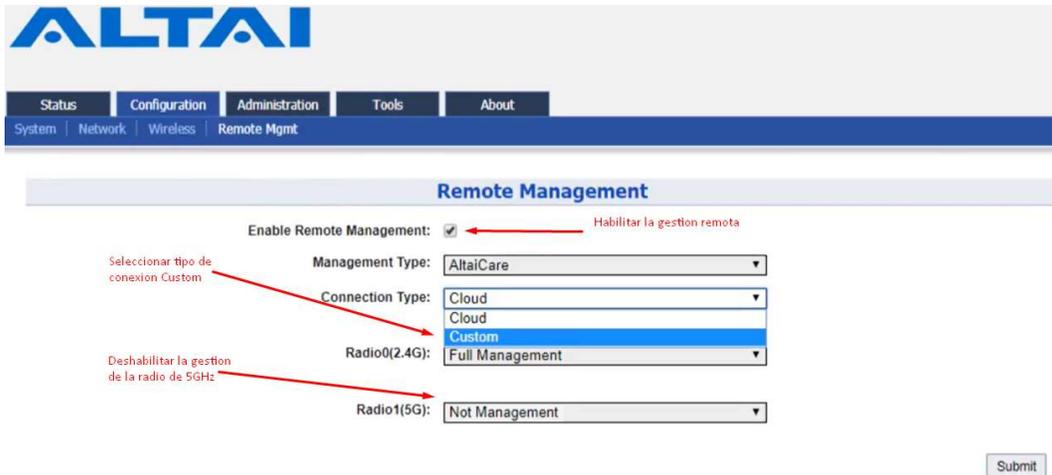
VLAN Configuration

Enable VLAN:

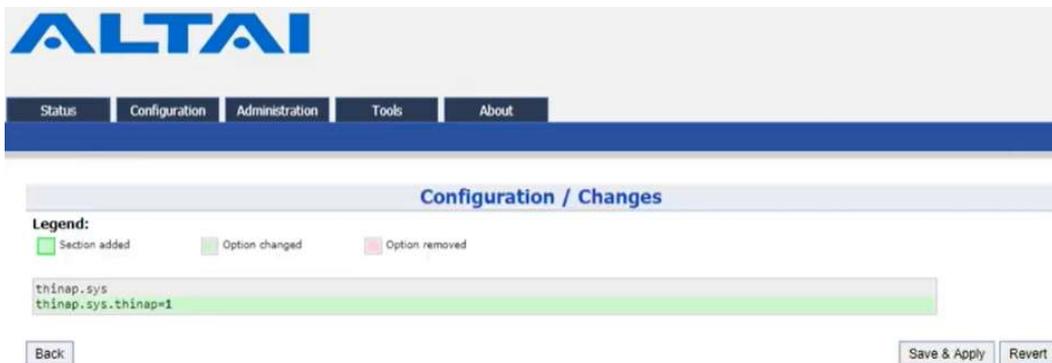
VLAN ID	Interfaces	IPv4 Address/Subnet Mask	Management VLAN	STP
254	eth0, eth1	172.31.254.11 / 255.255.255.0	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>

Add VLAN...

Seguido a esto se realizará la asociación del equipo con el controlador, para esto nos dirigimos a la pestaña **Configuración > Remote Mgmt** y habilitamos la gestión remota para permitir que AltaiCare tome el control del dispositivo, seleccionamos el tipo de conexión Custom y por último deshabilitamos la gestión sobre la radio de 5GHz para evitar que se active accidentalmente.

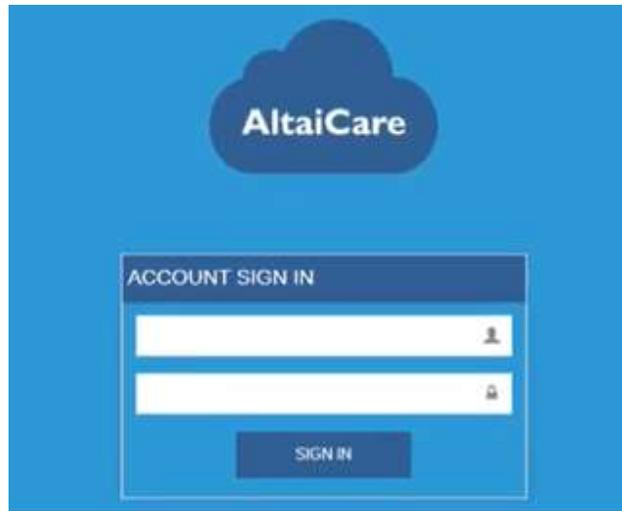


Una vez realizados todos los cambios nos dirigimos a **Unsaved Changes** y seleccionamos **Save & Apply** para guardar los cambios. Con esto ya tenemos el equipo Altai A8n configurado, la configuración restante se hará desde el software de gestión AltaiCare

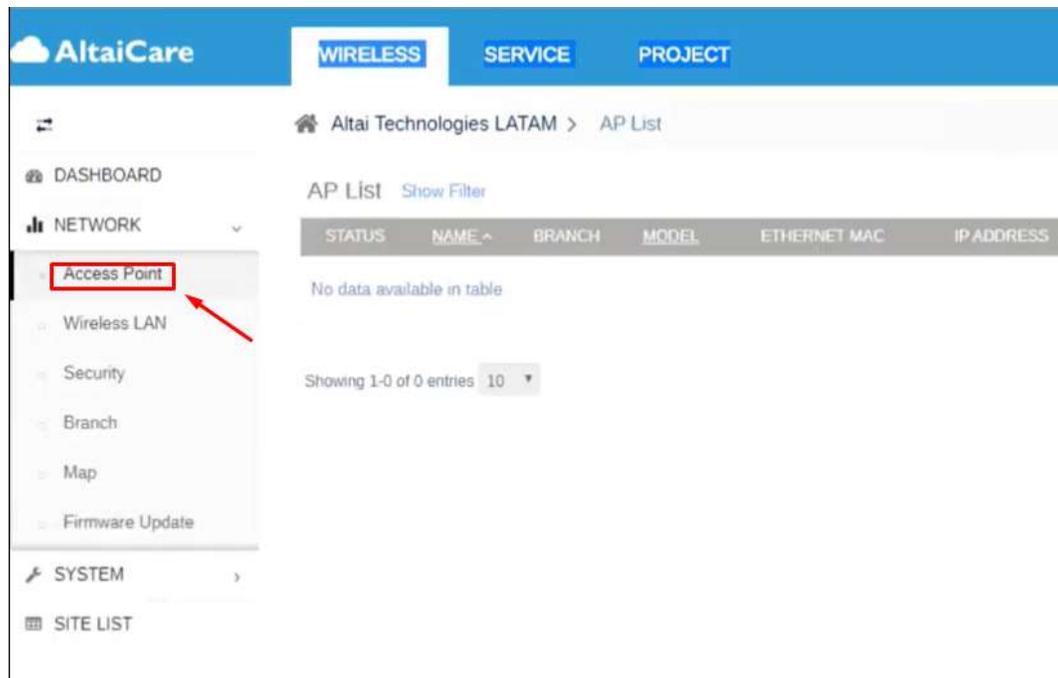


B-2 Configuración AltaiCare

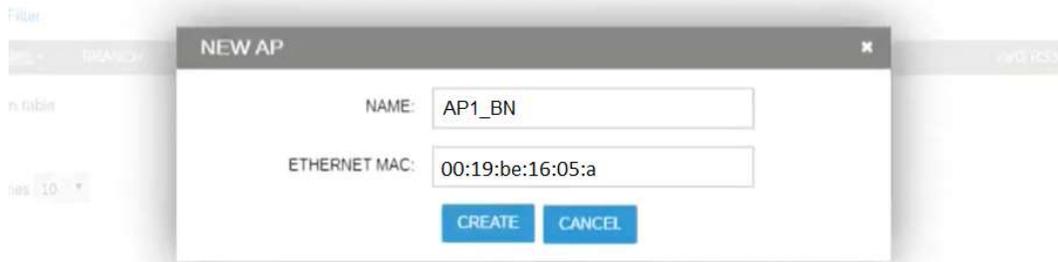
Para la configuración del software de gestión AltaiCare ingresamos a la dirección IP del sistema el cual, como comentamos en el desarrollo del proyecto, se encuentra hosteado en un servidor local, para esto ingresamos por medio de un explorador web a la dirección IP del sistema, la cual, basándonos en la tabla del Anexo-A es 172.31.200.10, por lo que ingresamos <https://172.31.200.10> y nos mostrara la pantalla de autenticación de AltaiCare



Ingresamos las credenciales que fueron provistas en la instalación del software y procedemos a registrar el equipo A8n configurado en la sección anterior. Para esto nos dirigimos a la pestaña **WIRELESS > NETWORK > Access Point** como se muestra en la siguiente imagen.



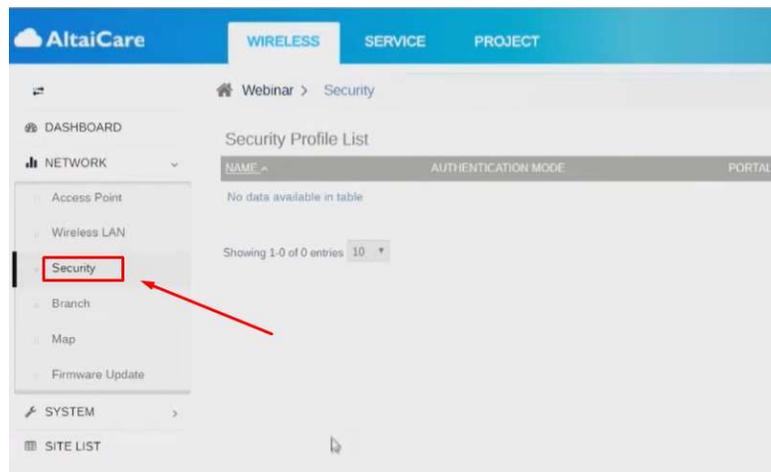
En esta vista veremos la lista con todos los dispositivos registrados (en este caso todavía no hay ninguno), para registrar el access point A8n nos desplazamos a la derecha y presionamos sobre el signo “mas”, a continuación, introducimos un nombre para identificarlo, como por ejemplo AP1_BN (Access Point 1 Balneario Norte) y escribimos la dirección MAC que obtuvimos anteriormente de la interfaz del dispositivo y aceptamos con el botón “CREATE”.



A partir de ahora el dispositivo estará en condiciones de registrarse en el AltaiCare, en la lista aparecerá el AP con el símbolo de “Señal” en color rojo cuando no este registrado y en color verde cuando este registrado como se ve en la siguiente imagen



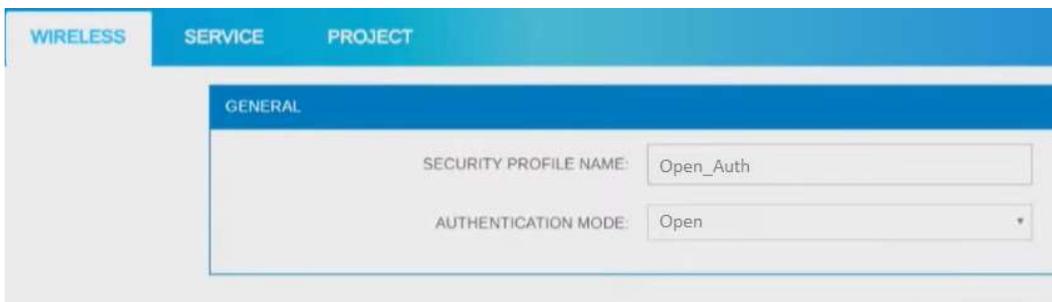
Con el equipo registrado en AltaiCare pasamos a configurar los parámetros de radio y seguridad, para esto configuramos en primer lugar un perfil de seguridad, nos dirigimos a **WIRELESS > NETWORK > Security** y a la derecha presionamos el signo “mas” para agregar un nuevo perfil



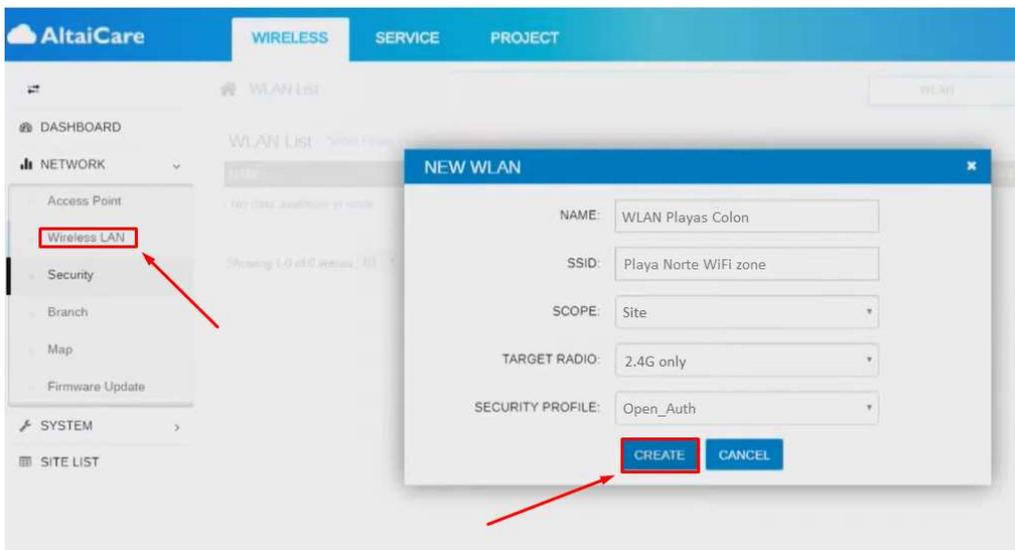
Nos solicitara ingresar un nombre del perfil donde introducimos, por ejemplo “Open_Auth” y seleccionamos “CREATE”



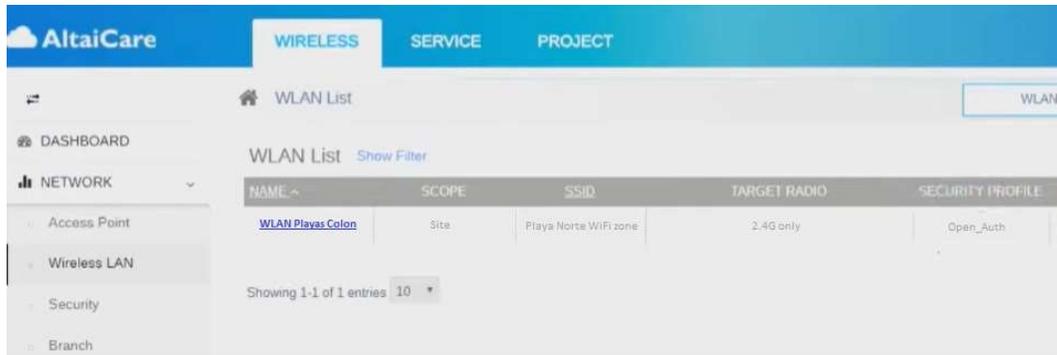
Una vez creado el perfil nos mostrará el mismo en una lista de perfiles e ingresando a este configuramos los parámetros de autenticación como se muestra en la siguiente imagen, teniendo en cuenta que nuestra red WiFi será abierta por lo que no tendrá ningún mecanismo de autenticación.



Por último, creamos en SSID, para esto nos dirigimos a la pestaña **WIRELESS > NETWORK > Wireless LAN** y seleccionamos el signo “mas” a la derecha de la pantalla, en la ventana que se abre introducimos el nombre de la WLAN (nombre de identificación), el SSID a utilizar, seleccionamos que solo administra la radio de 2.4GHz y por ultimo el perfil de seguridad creado anteriormente como se muestra en la siguiente imagen.

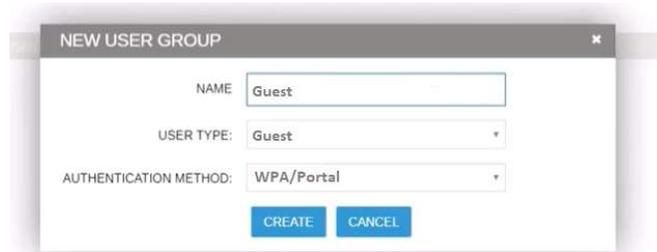


En la interfaz de AltaiCare vamos a observar una lista donde esta la red WLAN recientemente creada.

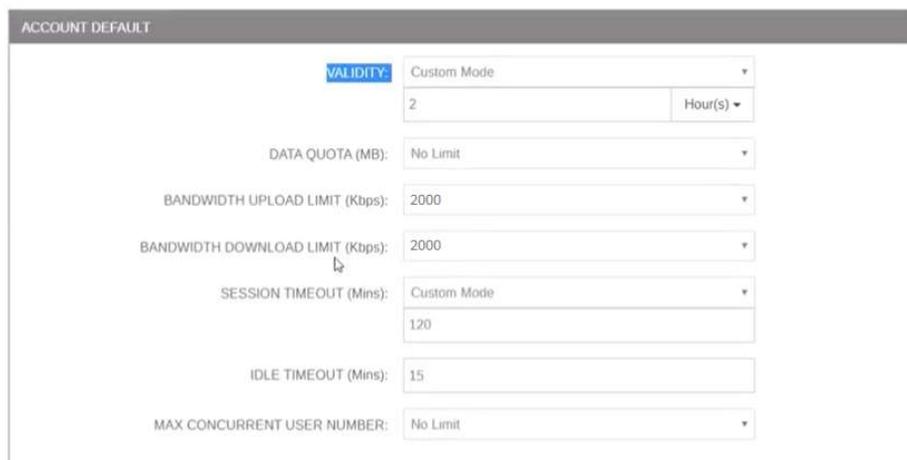


Una vez creado el SSID el access point empezara a difundir dicha red y los dispositivos ya podrán conectarse a la misma, esto siempre y cuando este realizada la configuración de red correspondiente y el servicio de DHCP habilitado, esto se hará en la configuración del Firewall FortiGate 600E.

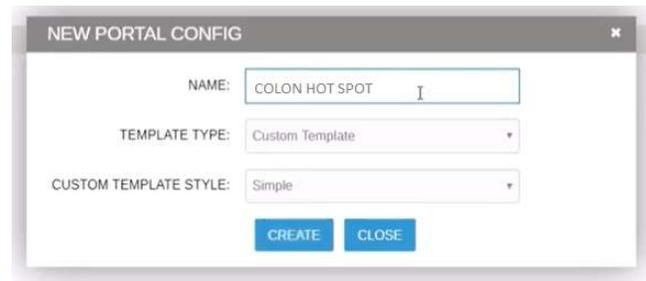
A continuación, vamos a definir el limite de ancho de banda por usuario para esto en la pestaña **SERVICE > USER > User Group** agregamos un nuevo grupo de usuarios que en nuestro caso lo llamaremos "Guest", y seleccionamos el tipo de usuario Guest y el método de autenticación WPA/Portal.



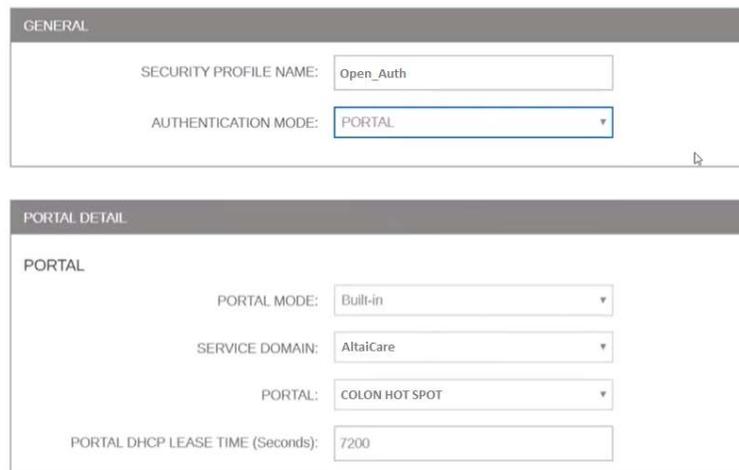
Una vez creado el grupo ingresamos a la configuración de este y configuramos los parámetros de ancho de banda, cabe aclarar que este grupo del tipo guest no necesita la creación de usuarios, sino que este perfil se aplica a todos los usuarios que se conecten a la red.



Una vez definido el grupo de usuarios pasamos a configurar el portal cautivo, para esto nos dirigimos a **SERVICE > PORTAL** y seleccionamos la opción par agregar un nuevo portal, le definimos un nombre, en nuestro caso “COLON HOT SPOT” y si ya tenemos un diseño de este podemos seleccionar la opción “User Defined Template” o “Custom Template” en el caso de crearlo en AltaiCare. (El diseño del portal cautivo no se especificará)



Una vez configurado el portal cautivo solo resta asociarlo a una red WiFi, para esto nos dirigimos nuevamente a la sección **WIRELESS > NETWORK > Security** donde encontramos el perfil que creamos anteriormente cuyo método de autenticación es Open (red abierta sin seguridad), editamos este perfil y le asignamos como método de seguridad PORTAL y nos dará la opción de seleccionar el portal creado anteriormente.

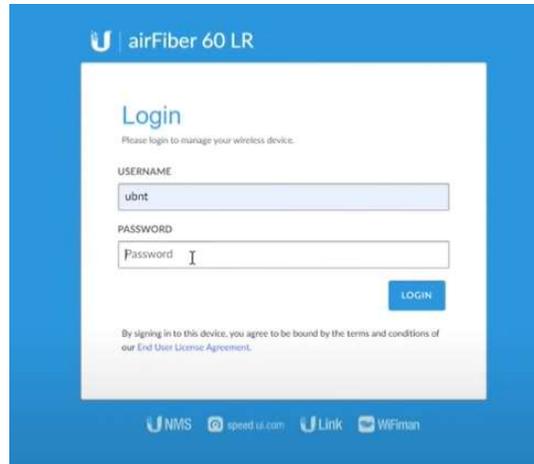


Con esto ya tenemos el portal cautivo asociado al SSID de la zona hot spot con su respectiva limitación de ancho de banda por usuario.

B-3 Configuración Radio enlace red de transporte y backhaul

En esta sección vamos a realizar la configuración de los equipos Ubiquiti Airfiber 60 LR que componen el radio enlace de la red de transporte, dicha configuración sirve también como muestra de la configuración de los equipos Ubiquiti airMAX GigaBeam Plus 60 GHz que componen el radio enlace de la red de backhaul que brinda conectividad a cada access point, esto es debido a que la interfaz de configuración de ambos modelos de equipos es igual.

Estos equipos traen la posibilidad de realizar una configuración inicial desde un aplicación para dispositivos móviles, la cual permite conectarse al equipo de manera inalámbrica a través de bluetooth utilizando una clave que el equipo trae grabada en la carcasa, una vez conectado permite configurar los parámetros básicos del sistema, código de país, y dirección IP de la interfaz de red, si es estática o la obtiene por DHCP. Una vez configurados estos parámetros se accede mediante un explorador web a la dirección IP del equipo y se ingresa a la interfaz grafica de usuario mediante el usuario por defecto “ubnt” y la clave que se obtiene también desde la aplicación por medio de bluetooth.



Una vez ingresadas las credenciales nos mostrara una pantalla de inicio con todos los parámetros y estados del equipo donde es posible deshabilitar la administración bluetooth por seguridad. A continuación, configuramos los parámetros de radio en la sección Wireless como podemos observar en la siguiente imagen.



En esta pantalla seleccionamos si el nodo es el nodo máster, un enlace punto a punto requiere que uno de los extremos sea el nodo máster, definimos en nombre del link que en este caso será “PtP1_BN” el cual tiene que coincidir con el nombre configurado en el dispositivo del otro

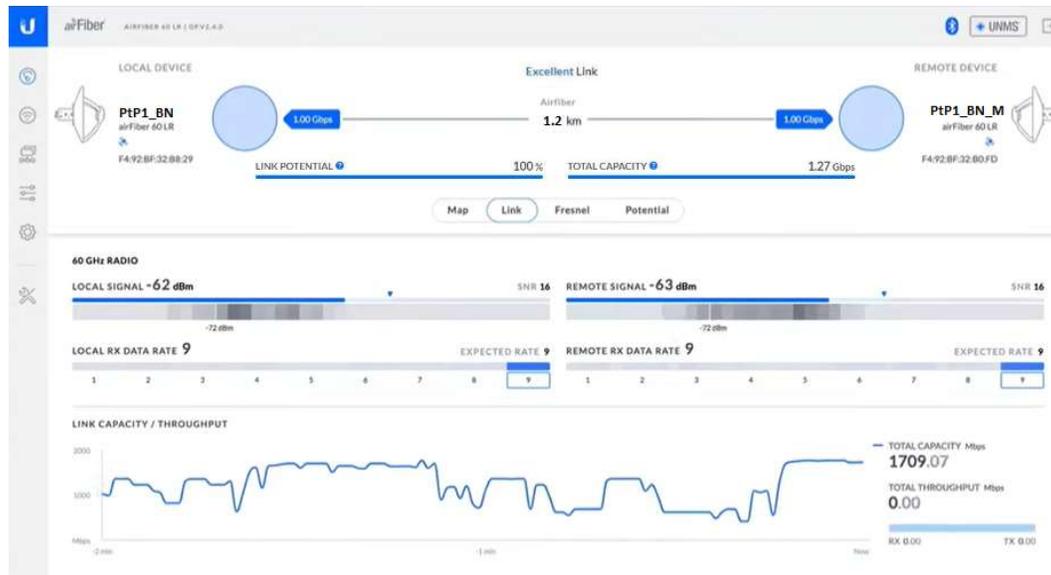
extremo del radio enlace, definimos una clave de seguridad, que también tiene que ser la misma en ambos extremos.

En la sección network configuramos la IP de administración (si es diferente a la configurada con la aplicación bluetooth) y seleccionamos que esta se realice con etiquetado de VLAN (VLAN Tagging) donde indicaremos que la VLAN a utilizar, como definimos en la tabla del Anexo-A, será 254

Management Network Settings

MANAGEMENT IP ADDRESS	<input type="radio"/> DHCP <input checked="" type="radio"/> STATIC	STP	<input type="checkbox"/> OFF
IP ADDRESS	<input type="text" value="172.31.254.111"/>	MANAGEMENT VLAN	<input checked="" type="checkbox"/> ON
NETMASK	<input type="text" value="255.255.255.0"/>	VLAN ID	<input type="text" value="254"/>
GATEWAY IP	<input type="text" value="172.31.254.1"/>	IPV6	<input checked="" type="checkbox"/> ON
PRIMARY DNS IP	<input type="text" value="172.31.100.10"/>	IPV6 ADDRESS	<input checked="" type="radio"/> LOCAL <input type="radio"/> STATIC
SECONDARY DNS IP	<input type="text"/>		<input type="radio"/> SLAAC
MTU	<input type="text" value="1500"/>		

Una vez configurados todos los parámetros en ambos equipos que componen el radio enlace en la pantalla principal podemos observar un estado de este donde tendremos información de señal recibida, la capacidad total del enlace en Mbps, nombres de los dispositivos, distancia del enlace, etc., como se observa en la siguiente imagen.



B-4 Configuración Switches Allied Telesis IE340L-18GP

En esta sección se especifica la configuración del switch Allied Telesis IE340L-18GP de la torre de comunicaciones del Balneario Norte, en este dispositivo se conectan los dos enlaces punto a punto de la red de transporte que vinculan esta zona con el edificio municipal y los enlaces de la red de backhaul hacia los ocho puntos de acceso Altai A8n de dicha zona. En las columnas de iluminación donde se instalarán los access point también se instalará un switch de las mismas características cuya configuración es mas simplificada ya que solo tendrá conectados dos puertos configurados en modo trunk con la VLAN correspondiente a la zona balnearia y la VLAN de administración, un puerto donde se conecta la radio base y otro el radio de la red de backhaul.

```
SW_Torre_BN#sh run
!
service password-encryption
!
hostname SW_Torre_BN
!
enable password level 15 8 $1$8F7E2vgX$rUFXJaB.rII9RqKC7cIAP.
no banner motd
!
username manager privilege 15 password 8 $1$FIBgxEzn$01MvTRaPKZ5FE4TtXUEOc/
!
log monitor level warnings
ssh server v2only
ssh server allow-users manager 172.25.0.*
service ssh ip
!
no service telnet
!
service http
!
no clock timezone
!
no snmp-server ipv6
snmp-server community public
snmp-server host 172.31.254.254 version 2c public
!
aaa authentication enable default local
aaa authentication login default local
!
ip domain-lookup
!
no service dhcp-server
!
```

```
no ip multicast-routing
!
spanning-tree mode rstp
spanning-tree priority 4096
!
no ipv6 mld snooping
!
switch 1 provision x900-12
switch 1 bay 1 provision xem-12
!
vlan database
vlan 10 name LAN_Balneario_Norte
vlan 20 name LAN_Balneario_Sur
vlan 254 name Mgmt
!
interface port1.0.1
description PtP1_BN
speed 1000
duplex full
switchport
switchport mode trunk
switchport trunk allowed vlan add 10,254
channel-group 1 mode active
!
interface port1.0.2
description PtP2_BN
speed 1000
duplex full
switchport
switchport mode trunk
switchport trunk allowed vlan add 10,254
channel-group 1 mode active
!
interface port1.0.3-1.0.10
description Radios_de_backaul
speed 1000
duplex full
switchport
switchport mode trunk
switchport trunk allowed vlan add 10,254
!
interface vlan 254
description Mgmt
ip address 172.31.254.201/24
```

```
!
ip route 0.0.0.0/0 172.31.254.1
!
!
line con 0
line vty 0 4
!
end
```

SW_Torre_BN#

B-5 Configuración Switch Aruba 8310M

En esta sección se especifica la configuración del switch Aruba 8310M de 16 puertos 10Gbps SFP, la configuración siguiente muestra la definición de las VLANs, la configuración de los puertos donde se conectarán los radios ubiquiti airfiber 60 LR de la red de transporte hacia ambos sitios balnearios, la interfaz hacia el firewall Fortinet 600E y el armado de los “link aggregation” que estarán compuestos por las dos interfaces físicas a los radios antes mencionados. Cabe recordar que este equipo se ubicara en el centro de datos del edificio municipal.

```
3810M-COLON# display current-configuration
; hpStack_KB Configuration Editor; Created on release #KB.16.10.0009
; Ver #14:6f.6f.f8.1d.fb.7f.bf.bb.ff.7c.59.fc.7b.ff.fc.ff.3f.ef:00
```

```
hostname "3810M-COLON"
```

```
trunk 1,2 trk1 lacp
trunk 3,4 trk2 lacp
time timezone -3
ip routing
ipv6 unicast-routing
```

```
snmp-server community "public" unrestricted
snmp-server host 172.31.254.254 community "public"
snmp-server trap-source 172.31.254.200
```

```
vlan 1
name "DEFAULT_VLAN"
no untagged 1-16,Trk1,Trk2
no ip address
exit
```

vlan 10

name "LAN Balneario Norte"

tagged 16,Trk1

no ip address

exit

vlan 20

name "LAN Balneario Sur"

tagged 16,Trk2

no ip address

exit

vlan 254

name "Mgmt"

tagged 16,Trk1,Trk2

no ip address 172.31.254.200 255.255.255.0

exit

spanning-tree Trk1 priority 4

spanning-tree Trk2 priority 4

allow-unsupported-transceiver

trunk-load-balance L4-based

password manager

3810M-COLON#

B-6 Configuración Firewall FortiGate 600E

En este apartado se especificará la configuración del firewall FortiGate 600E, si bien el mismo cuenta con una interfaz grafica de usuario, a modo de simplificar su visualización se adjunta la configuración de este desde la línea de comandos, en esta configuración se puede observar las interfaces LAN para cada zona balnearia, Perimetro1 y DMZ, como así también la interfaz WAN. Cabe destacar que solo se especificara lo configurado y no se adjunta toda la configuración del equipo ya que la misma debido a certificados ssl y diferentes configuraciones que trae predefinidas de fabrica la hace muy extensa.

```
600E-COLON # sh system interface
```

```
config system interface
```

```
edit "x1"
```

```
set vdom "root"
```

```
set type physical
```

```
set alias "LAN"
```

```
set device-identification enable
```

```
set lldp-transmission enable
```

```
set role lan
```

```
end
```

```
next
edit "port2"
  set vdom "root"
  set ip 172.31.100.1 255.255.255.0
  set allowaccess ping
  set vlanforward enable
  set type physical
  set alias "DMZ"
  set role dmz
end
next
edit "port3"
  set vdom "root"
  set ip 172.31.200.1 255.255.255.0
  set allowaccess ping
  set vlanforward enable
  set type physical
  set alias "Perimetro1"
  set role lan
end
next
edit "x2"
  set vdom "root"
  set ip 186.84.21.68 255.255.255.248
  set allowaccess ping
  set vlanforward enable
  set type physical
  set alias "WAN"
  set role wan
end
next
edit "Mgmt"
  set vdom "root"
  set ip 172.31.254.1 255.255.255.0
  set allowaccess ping https
  set device-identification enable
  set role lan
  set interface "x1"
  set vlanid 254
next
edit "LAN_Balneario_Norte"
  set vdom "root"
  set ip 172.16.0.1 255.255.240.0
  set device-identification enable
```

```
set role lan
set interface "x1"
set vlanid 10
next
edit "LAN_Balneario_Sur"
set vdom "root"
set ip 172.16.16.1 255.255.240.0
set device-identification enable
set role lan
set interface "x1"
set vlanid 20
next
end
config router static
edit 1
set gateway 186.84.21.65
set device "x2"
next
end
config firewall policy
edit 1
set srcintf "port2"
set dstintf "x2"
set srcaddr "172.31.100.0/24"
set dstaddr "all"
set action accept
set schedule "always"
set service "ALL"
set utm-status enable
set ssl-ssh-profile "certificate-inspection"
set av-profile "default"
set webfilter-profile "default"
set ips-sensor "default"
set application-list "default"
set nat enable
next
edit 2
set srcintf "port3"
set dstintf "x2"
set srcaddr "172.31.200.0/24"
set dstaddr "all"
set action accept
set schedule "always"
set service "ALL"
```

```
set utm-status enable
set ssl-ssh-profile "certificate-inspection"
set av-profile "default"
set webfilter-profile "default"
set ips-sensor "default"
set application-list "default"
set nat enable
next
edit 3
set srcintf "port3"
set dstintf "Mgmt"
set srcaddr "172.31.200.0/24"
set dstaddr "172.31.254.0/24"
set action accept
set schedule "always"
set service "ALL"
set utm-status enable
set ssl-ssh-profile "certificate-inspection"
set av-profile "default"
set webfilter-profile "default"
set ips-sensor "high_security"
set application-list "block-high-risk"
set nat enable
next
edit 4
set srcintf "LAN_Balneario_Norte"
set dstintf "x2"
set srcaddr "172.16.0.0/20"
set dstaddr "all"
set action accept
set schedule "always"
set service "ALL"
set utm-status enable
set ssl-ssh-profile "certificate-inspection"
set av-profile "default"
set webfilter-profile "default"
set ips-sensor "high_security"
set application-list "block-high-risk"
set nat enable
next
edit 5
set srcintf "LAN_Balneario_Norte"
set dstintf "port2"
set srcaddr "172.16.0.0/20"
```

```
set dstaddr "172.31.100.10/32"
set action accept
set schedule "always"
set service "DNS"
set utm-status enable
set ssl-ssh-profile "certificate-inspection"
set av-profile "default"
set webfilter-profile "default"
set ips-sensor "high_security"
set application-list "block-high-risk"
set nat enable
next
edit 6
set srcintf "LAN_Balneario_Sur"
set dstintf "x2"
set srcaddr "172.16.16.0/20"
set dstaddr "all"
set action accept
set schedule "always"
set service "ALL"
set utm-status enable
set ssl-ssh-profile "certificate-inspection"
set av-profile "default"
set webfilter-profile "default"
set ips-sensor "high_security"
set application-list "block-high-risk"
set nat enable
next
edit 7
set srcintf "LAN_Balneario_Sur"
set dstintf "port2"
set srcaddr "172.16.16.0/20"
set dstaddr "172.31.100.10/32"
set action accept
set schedule "always"
set service "DNS"
set utm-status enable
set ssl-ssh-profile "certificate-inspection"
set av-profile "default"
set webfilter-profile "default"
set ips-sensor "high_security"
set application-list "block-high-risk"
set nat enable
next
```

```
config system dhcp server
edit 1
  set lease-time 3600
  set ntp-service local
  set default-gateway 172.16.0.1
  set netmask 255.255.240.0
  set interface "LAN_Balneario_Norte"
  config ip-range
    edit 1
      set start-ip 172.16.0.2
      set end-ip 172.16.15.254
    next
  end
next
edit 2
  set lease-time 3600
  set default-gateway 172.16.16.1
  set netmask 255.255.240.0
  set interface "LAN_Balneario_Sur"
  config ip-range
    edit 1
      set start-ip 172.16.16.2
      set end-ip 172.16.31.254
    next
  end
  set dns-server1 172.31.100.10
next
end
```

Anexo C- Especificaciones Radio Base Altai A8n



Altai A8n (ac) Super WiFi Base Station 802.11ac Flexible Large Area Outdoor Wi-Fi

Altai A8n (ac) Super WiFi Base Station

The world's leading 802.11n WiFi outdoor access point optimized for maximum coverage and highest throughput from a minimum number of installation sites. It is the A8n model with the 5 GHz radio upgraded to 802.11a/n/ac standards.



The A8n (ac) is a multi-radio base station utilizing 8x8 MIMO smart antenna technologies and a patented signal processing algorithm to provide the industry's best coverage per base station, especially in non-line-of sight (NLOS) environments. The multiple antennas of the A8n (ac) can be configured to provide coverage that is optimized for area, pattern and elevation. The multi-beam antennas of the A8n (ac) is designed to provide up to 3 times the range and 10 times the per site coverage as standard access point. Accordingly, up to 90% fewer installation sites for the same coverage area.

Super Long Range High Throughput Coverage

Max. LOS CPE	3 km (2.4 GHz) 2 km (5 GHz)
Max. LOS Smartphones	1 km (2.4 GHz) 900 m (5 GHz)
Max. LOS Backhaul	30 km (5 GHz)
Max. Data Rate	300 + 867 Mbps

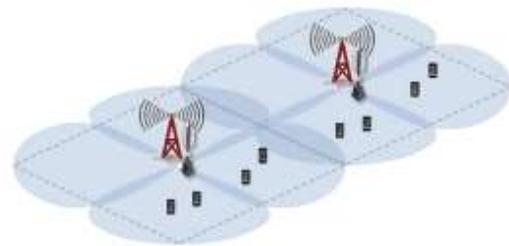
Altai A8n for Wireless Broadband

The Altai A8n (ac) can serve as last mile infrastructure for a wide range of wireless broadband access applications. It provides low deployment cost and fast provisioning of Wi-Fi systems with the greatest coverage and bandwidth per installed base station.



Altai A8n (ac) for Super 3G/4G Offload

The A8n (ac) Super WiFi Base Station can be deployed in conjunction with existing 3G networks to provide low cost high bandwidth mobile data offloading solution. The A8n can be co-located with existing 3G cell sites allowing immediate Wi-Fi provisioning at much lower acquisition and operating costs.



Co-locate A8n (ac) with existing 3G/LTE cell site to offload traffic for an almost identical cell area.

As an integral part of our Super WiFi network infrastructure, key benefits of the Altai A8n (ac) include:

- Extended coverage in a Non-Line-of-Sight (NLOS) environment which matches the footprint of most 3G/LTE deployments in dense urban environments
- High 11ac throughput capacity up to 1,167 Mbps data rate
- 4-sector x dual slant advanced Smart Antenna Technology provides flexible 70 to 360-degree and large vertical beamwidth coverage with minimal holes in dense urban environments
- Multi-radio 8x8:2 MIMO platform maximizing both uplink/downlink performance and access redundancy
- 2.4 GHz and 5 GHz dual band concurrent access
- Backhaul redundancy and access link safe mode
- Adaptive interference control mitigates the influence from surrounding interfering sources
- Standard 802.11b/g/n access and 802.11a/n/ac access/ backhaul
- Giga Ethernet or integrated 802.11a/n/ac wireless backhaul
- Remote configuration through the Altai Wireless Management System (AWMS) or AltaiCare network management solution



Altai A8n (ac) Super WiFi Base Station

802.11ac Flexible Large Area Outdoor Wi-Fi

Wireless Interface

802.11b/g/n (8x8:2) Radio

- Operating Mode Access Point
- Standard IEEE 802.11b/g/n
- Operating Frequency 2.400 – 2.484 GHz (Ch 1-13)
- EIRP 100mW Max.
- Receiver Sensitivity (Typical)

802.11b	11 Mbps	-90 dBm;	1 Mbps	-95 dBm
802.11g	54 Mbps	-80 dBm;	6 Mbps	-93 dBm
802.11n	HT20	-94 dBm;	HT40	-89 dBm
- Connect up to 8 Antennas.
- Interference Mitigation

802.11a/n/ac (2x2:2) Radio

- Operating Mode AP/ Bridge/ Repeater
- Standard IEEE 802.11a/n/ac
- Operating Frequency 5.150 – 5.350 GHz
5.470 – 5.725 GHz
5.725 – 5.850 GHz
- EIRP 100mW Max.
- Receiver Sensitivity (Typical)

802.11a	54 Mbps	-79 dBm;	6 Mbps	-92 dBm
802.11n	HT20	-92 dBm;	HT40	-89 dBm
802.11ac	VHT20	-92 dBm;	VHT40	-89 dBm;
	VHT80	-87 dBm		

For both 2.4 and 5 GHz

- 32 SSID (Max. 16 SSID per Radio)
- 802.11h*, 802.11k*, 802.11r*, 802.11v*, 802.11w*
- Hotspot 2.0
- Altai AirFit™ Throughput Optimization
- Band Steering
- WMM (802.11e)

Antenna

2.4 GHz Antenna (Optional Accessories)

- External Antenna 14 dBi (Max.) Sector
- Frequency 2.4 – 2.5 GHz
- Polarization Dual Slant ±45°
- Horizontal Beamwidth 70° (-3 dB)
- Vertical Beamwidth 12° (-3 dB)
- VSWR 2 (Max.)
- Impedance 50 Ω
- Front-to-back Ratio -25 dB (Max.)
- Isolation Between Ports 20 dB (Min.)
- Antenna Connector 8 x Dual N-female

5 GHz Antenna (Optional Accessories)

- External Antenna 20 dBi Panel/ 9 dBi Omni/ 16 dBi 100° Sector
- Antenna Connector 2 x N-female

Networking

- Switch (Bridge) and Gateway Mode
- IPv4/ IPv6 Dual-stack
- NAT
- DHCP Client/ Server
- PPPoE Client
- VPN (IPsec)*
- VLAN
- Bandwidth Control Per VAP/ Client
- Multicast Rate Filter/IGMP Snooping

Security

- Authentication – Open system, Shared key, WPA/ WPA-PSK, WPA2/ WPA2-PSK, 802.1x (EAP-PEAP/ TLS/ TTLS/ SIM/ AKA)
- Encryption – WEP, TKIP, AES
- Inter/ Intra-client Isolation
- MAC-based Access Control (White/ Black List)
- RADIUS
- Active directory
- Firewall*
- WIPS*

Management

- Cloud or Server-based Management by AltaiCare
- Controller-based Management by Access Controller
- Web User Interface
- Command Line Interface (SSH)
- SNMP v1/ v2c / v3*
- MIB2/ IF-MIB/ Altai Enterprise MIB
- Syslog
- Auto Channel Selection and TX Power Control
- Spectral Analysis*
- KPI Monitoring*
- Client OS Detection*

Physical Specification

- Dimension 360 x 234 x 80 mm (Chassis)
- Weight 4 kg (Unit Weight) / 6.5 kg (Gross Weight)
- Mounting Pole or Wall-mounted
- Network Interface 10/100/1000 Mbps Ethernet Port

Power Supply

- Power Supply 56V Passive PoE PD or -48V DC PoE Injector
- Power Consumption 30 W (Typical) / 65 W (Max.)

Environmental Specification

- Operating Temperature -40 °C to +60 °C (Ambient)
-10 °C to +40 °C (PoE Injector)
- Storage Temperature -40 °C to +85 °C
- Humidity 5 to 100% (Condensing)
- Lightning Protection EN 61000-4-5
- Wind Loading Up to 216 km/h (134 mph)
- Weatherproof IP67 Compliant

Certification

- FCC / CE / Others*

Product Ordering Information

Standard Package

- A8n (ac) Super WiFi Base Station (Model No.: WA8011NAC-X)
- Mounting Accessories

Separate Orderable Items:

- Smart Antennas, RF Cables and PoE Injector

Contact Us

- Email: sales@altaitechnologies.com

* Will be available in future. A8n(ac)-PB-170815
The coverage range will be varied depending on NLOS and interference conditions. The transmit power may be varied according to country regulation. Although Altai has attempted to provide accurate information in these materials, Altai assumes no legal liability for the accuracy and completeness of the information. All specifications are subject to change without notice.

Anexo D- Especificaciones UISP airFiber 60 LR

airFiber 60 LR

60 GHz point-to-point (PtP) radio system with a 1.9 Gbps maximum throughput rate and a 12+ kilometer link range.

The airFiber 60 GHz Long-range Radio (AF60 LR) is a PtP system that uses Wave Technology to establish long-distance, true-duplex Gigabit links. Equipped with a high-gain dish antenna, the AF60 LR can reach a 1.9 Gbps maximum throughput rate and sustain its links over 12 km. It also has a dedicated Bluetooth management radio so it can be set up quickly and fully configured with the UISP® application (web/mobile). It can also be seamlessly integrated into an existing deployment with Ubiquiti's dedicated link planning platform and tracked from anywhere with its built-in GPS antenna.



Mechanical

Dimensions	Ø413 x 360 mm (Ø16.3 x 14.2")
Weight	Without mount: 1.5 kg (3.3 lb) With mount: 2.7 kg (6 lb)
Enclosure materials	Aluminum, UV stabilized polycarbonate
Mount material	Galvanized steel
Mounting	Precision Alignment Kit (included) Pole compatibility: Ø25.4-76.2 mm (Ø1-3")
Wind loading	420 N at 200 km/h (94.4 lbf at 125 mph)

Hardware

Processor	Quad-Core ARM® Cortex® A7
Memory	256 MB DDR3
Networking interface	GbE RJ45 port
RF connections	Internal
Max. power consumption	18W
Power method	Passive PoE 4-pairs (1, 2+; 3, 6-) (4, 5+; 7, 8-) or 2-pairs (4, 5+; 7, 8-)
Power supply	48VDC, 0.65A gigabit PoE adapter (included)
Supported voltage range	48VDC ± 10%
ESD/EMP protection	Air.kontakt: ± 24kV
Operating temperature	-40 to 60° C (-40 to 140° F)
Operating humidity	5 to 95% noncondensing
Certifications	FCC, IC, CE

LEDs

Power	Flashing white: bootup in progress White: not connected to UISP™ console Blue: connected to UISP console
Ethernet	Flashing blue: ethernet activity
GPS	Blue: receiving at least (4) GPS satellite signals
60G	Blue: active connection

Software

OS	airOS®
Operating mode	PtP only
Ubiquiti specific features	Integrated 60 GHz radio, discovery protocol, Wave technology
Network	Bridge mode
Services	UIISP, ping watchdog, NTP client, device discovery
Tools	Antenna alignment, discovery utility, ping, trace route, speed test
Software management	Bluetooth management for easy setup over UIISP app WEB UI
Minimum software requirements	Any modern WEB browser/iOS or Android based smartphone

System

Maximum throughput	1.95 Gbps
Maximum range	12+ km
Encryption	WPA2-PSK (AES)

RF

Operating Frequency*	57-71 GHz <small>* Depends on regulatory region.</small>
GPS	Yes
Channel Bandwidth	2160, 1080 MHz

Anexo E- Especificaciones UISP airMAX GigaBeam Plus 60 GHz

airMAX GigaBeam Plus 60 GHz Radio

High-gain 60 GHz radio with a Cassegrain reflector that delivers 1.5+ Gbps throughput with low latency.

The GigaBeam® Plus (GBE Plus) is a 60 GHz radio that can be used as a high-throughput backhaul/edge point-to-point (PTP) solution in WISP deployments. With its integrated Cassegrain reflector, the GBE Plus delivers 35 dBi antenna gain and can exceed a 1.5 Gbps bidirectional throughput rate with very low latency. Designed for simple deployment and ease of use, the GBE Plus can be set up in minutes and fully managed with the UISP™ web application or mobile app.



Mechanical

Dimensions	Ø155 x 137 mm (Ø6.1 x 5.4")
Weight	1 kg (2.2 lb)
Enclosure materials	UV-resistant polycarbonate, stainless steel
Mount material	Metal
Wind loading	50 N at 200 km/h (11.24 lbf at 125 mph)

Hardware

Processor	Quad-Core ARM® Cortex® A7
Memory	256 MB DDR3
Networking interface	10/100/1,000 Mbps RJ45 port
Management interfaces	Ethernet Bluetooth
RF connections	Internal
Max. power consumption	11W
Power method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8-)
Power supply	24VDC, 0.5A Gigabit PoE adapter
Supported voltage range	22 to 26VDC
ESD/EMP protection	Air/Contact: ± 24kV
Operating temperature	-40 to 60° C (-40 to 140° F)
Operating humidity	5 to 95% noncondensing
Certifications	FCC, IC, CE

LEDs

Power	Flashing white: Booting up White: Not connected to UISP Blue: Connected to UISP
Ethernet	Flashing blue: Ethernet traffic detected
60GHz	Blue: Connected

Software

OS	airOS®
Operating modes	PtP master or station

Ubiquiti specific features	Integrated 60 GHz radio, discovery protocol
Security	WPA2 AES only
Dashboard	Yes
Wireless settings	Yes
Network settings	Yes
System	Yes
Services	UISP, ping watchdog, web server, SSH server, NTP client, system log, device discovery
Tools	Antenna alignment, discovery utility, traceroute, speed test
Management interface	UISP application (web/mobile)
Minimum software requirements	A modern web browser or an iOS/Android device

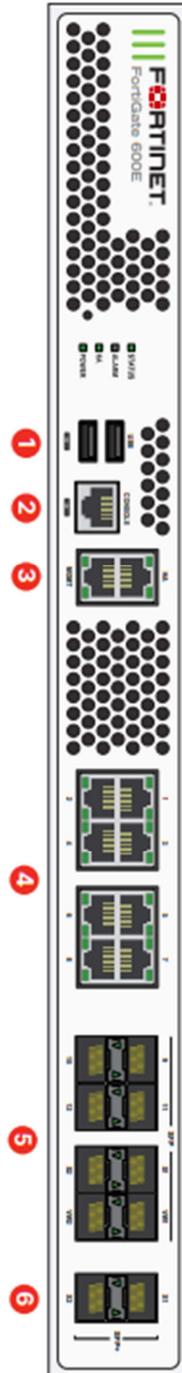
RF

Operating frequency*	57,000 - 66,000 MHz <small>*Dependent on regional regulations.</small>
Channel bandwidth	2160 MHz
Operating channels	58320, 60480, 62640, 64800 MHz
Beamwidth*	Azimuth: 2° (-3 dB) / 3° (-6 dB) Elevation: 2° (-3 dB) / 3° (-6 dB) <small>*The antenna is only vertically polarized.</small>
Bluetooth	2400 - 2483.5 MHz
Electrical downtilt	0°

Anexo F- Especificaciones Firewall FortiGate 600E

HARDWARE

FortiGate 600E/601E



Interfaces

- 1. 1x USB Port
- 2. 1x Console Port
- 3. 2x GE RJ45 MGMT/HA Ports
- 4. 8x GE RJ45 Ports
- 5. 8x GE SFP Slots
- 6. 2x 10 GE SFP+ Slots

SPECIFICATIONS

	FG-600E	FG-601E
Interfaces and Modules		
Hardware Accelerated 10 GE SFP+ Slots	2	
Hardware Accelerated GE RJ45 Interfaces	8	
Hardware Accelerated GE SFP Slots	8	
GE RJ45 Management Ports	2	
USB Ports	2	
RJ45 Console Port	1	
Onboard Storage	0	2x 240 GB SSD
Included Transceivers	2x SFP (SX 1 GE)	
System Performance — Enterprise Traffic Mix		
IPS Throughput ²	10 Gbps	
NGFW Throughput ^{2,4}	9.5 Gbps	
Threat Protection Throughput ^{2,5}	7 Gbps	
System Performance and Capacity		
IPv4 Firewall Throughput (1518 / 512 / 64 byte, UDP)	36 / 36 / 27 Gbps	
IPv6 Firewall Throughput (1518 / 512 / 64 byte, UDP)	36 / 36 / 27 Gbps	
Firewall Latency (64 byte, UDP)	1.54 µs	
Firewall Throughput (Packet per Second)	40.5 Mpps	
Concurrent Sessions (TCP)	8 Million	
New Sessions/Second (TCP)	450 000	
Firewall Policies	10 000	
IPsec VPN Throughput (512 byte) ¹	20 Gbps	
Gateway-to-Gateway IPsec VPN Tunnels	2000	
Client-to-Gateway IPsec VPN Tunnels	50 000	
SSL-VPN Throughput	7 Gbps	
Concurrent SSL-VPN Users (Recommended Maximum, Tunnel Mode)	10 000	
SSL Inspection Throughput (IPS, avg. HTTPS) ³	8 Gbps	

SSL Inspection CPS (IPS, avg. HTTPS) ³	5500
SSL Inspection Concurrent Session (IPS, avg. HTTPS) ³	800 000
Application Control Throughput (HTTP 64K) ²	15 Gbps
CAPWAP Throughput (HTTP 64K)	18 Gbps
Virtual Domains (Default / Maximum)	10 / 10
Maximum Number of FortiSwitches Supported	96
Maximum Number of FortiAPs (Total / Tunnel)	1024 / 512
Maximum Number of FortiTokens	5000
High Availability Configurations	Active-Active, Active-Passive, Clustering

	FG-600E	FG-601E
Dimensions and Power		
Height x Width x Length (inches)	1.75 x 17.0 x 15.0	
Height x Width x Length (mm)	44.45 x 432 x 380	
Weight	16.1 lbs (7.3 kg)	16.6 lbs (7.5 kg)
Form Factor	Rack Mount, 1 RU	
Power Source	100-240V, 50/60 Hz	
Power Consumption (Average / Maximum)	129 W / 244 W	
Current (Maximum)	6A@100V	
Heat Dissipation	832 BTU/h	
Redundant Power Supplies (Hot Swappable)	Optional	
Operating Environment and Certifications		
Operating Temperature	32-104°F (0-40°C)	
Storage Temperature	-31-158°F (-35-70°C)	
Humidity	10-90% non-condensing	
Noise Level	59 dBA	
Forced Airflow	Side and Front to Back	
Operating Altitude	Up to 9843 ft (3000 m)	
Compliance	FCC Part 15 Class A, RCM, VCCI, CE, UL/cUL, CB	
Certifications	 ICSA Labs Firewall, IPsec, IPS, Antivirus, SSL-VPN, USGv6/IPv6	

Anexo G- Especificaciones Switch Aruba 8310M



SPECIFICATIONS	
	Aruba 3810M 16SFP+ 2-slot Switch (JL075A)
Included accessories	
	1 Aruba 3810 Switch Fan Tray (JL088A)
I/O ports and slots	
	<p>16 SFP+ fixed 1000/10000 SFP+ ports; Duplex: 100BASE-TX: half or full; 1000BASE-T: full only; Ports 1 - 16 support MACSec</p> <p>2 open module slots.</p> <p>Supports a maximum of 8 SFP+ ports or 2 40GbE ports, with optional module or 4 Smart Rate ports</p>
Additional ports and slots	
	<p>1 stacking module slot</p> <p>1 RJ-45 serial console port</p> <p>1 RJ-45 out-of-band management port</p> <p>1 dual-personality (RJ-45 or USB micro-B)</p>
Power supplies	
	<p>2 power supply slots</p> <p>1 minimum power supply required (ordered separately)</p>

Fan tray	
	Includes: 1 x JL088A 1 fan tray slot Switch ships with 1 JL088A fan tray installed. Spares ordered separately.
Physical characteristics	
Dimensions	17.42(w) x 16.98(d) x 1.73(h) in (44.25 x 43.13 x 4.39 cm) (1U height)
Weight	13.28 lb (6.02 kg)
Memory and processor	
	P2020 Dual Core @ 1.2 GHz, 4 GB DDR3 SDRAM, 1 GB SD Card
	Dual ARM Cortex A9 @ 1 GHz, 2 GB DDR3 SDRAM; Packet buffer size: 13.5 MB Internal

SPECIFICATIONS	
	Aruba 3810M 16SFP+ 2-slot Switch (JL075A)
Mounting and enclosure	
	Mounts in an EIA-standard 19 in. telco rack or equipment cabinet (hardware included); Horizontal surface mounting only
Performance	
	IPv6 Ready Certified
1000 Mb Latency	< 2.8 μ s (FIFO 64-byte packets)
10 Gbps Latency	< 1.8 μ s (FIFO 64-byte packets)
40 Gbps Latency	< 1.5 μ s (FIFO 64-byte packets)
Throughput	up to 285.7 Mpps (64-byte packets)
Routing/Switching capacity	480 Gbps
Switch fabric speed	508 Gbps
Routing table size	10000 entries (IPv4), 5000 entries (IPv6)
MAC address table size	64000 entries
Environment	
Operating temperature	32°F to 113°F (0°C to 45°C)
Operating relative humidity	15% to 95% @ 104°F (40°C), noncondensing
Nonoperating/Storage temperature	-40°F to 158°F (-40°C to 70°C)
Nonoperating/Storage relative humidity	15% to 90% @ 149°F (65°C), noncondensing
Altitude	up to 10,000 ft (3 km)
Acoustic	Power: 39 dB, Pressure: 22.3 dB
Primary Airflow Direction	Front to Side and Front to Rear

Anexo H- Especificaciones Switch Allied Telesis IE340L-18GP

IE340 Series | Industrial Ethernet, Layer 3 Switches

Specifications

PRODUCT	10/100/1000T (RJ-45) COPPER PORTS	100/1000X SFP PORTS	1000X SFP PORTS	TOTAL PORTS	POE ENABLED PORTS	SWITCHING FABRIC	FORWARDING RATE
IE340-12GP	8	4	-	12	8	24Gbps	17.8Mpps
IE340-12GT	8	4	-	12	-	24Gbps	17.8Mpps
IE340-20GP	16	4	-	20	16	40Gbps	29.7Mpps
IE340L-18GP	16	-	2	18	16	36Gbps	26.7Mpps

Performance

RAM memory	512MB DDR SDRAM
ROM memory	128MB flash
MAC address	16K entries
Packet Buffer	1.5 Mbytes (12.2 Mbit/s)
Priority Queues	8
Simultaneous VLANs	4K
VLAN ID range	1-4094
Jumbo frames	9KB L2 jumbo frames
Multicast groups	511 (Layer 2), or 256 (Layer 2) and 256 (Layer 3)*

Other Interfaces

Type	Serial console (UART)
Port no.	1
Connector	RJ-45 female
Type	USB2.0 (Host Controller Class)
Port no.	1*
Connector	Type A receptacle
Type	Alarm input (320µA @3.3Vdc)
Port no.	1
Connector	2-pin Terminal Block
Type	Alarm output (0.5A @30Vdc)
Port no.	1
Connector	2-pin Terminal Block
Type	Power input
Port no.	2
Connector	2-pin Terminal Block

Reliability

- ▶ Modular AlliedWare™ operating system
- ▶ Redundant power input
- ▶ Full environmental monitoring of temperature and internal voltages. SNMP traps alert network managers in case of any failure
- ▶ Enhanced Thermal Shutdown
- ▶ Protection circuits against abnormal operations

Flexibility and Compatibility

- ▶ Gigabit SFP ports supports any combination of Allied Telesis 10Mbps, 100Mbps and 1Gbps SFP modules listed in this document under Ordering Information

Industrial Automation

- ▶ IEEE 1588v2 1-step End-to-End Transparent Clock
- ▶ Modbus/TCP with master/slave earthbeats facility

Diagnostic Tools

- ▶ Active Fiber Monitoring detects tampering on optical links
- ▶ Automatic link flap detection and port shutdown
- ▶ Built-in Self Test (BIST)
- ▶ Cable fault locator (TDR)

- ▶ Connectivity Fault Management (CFM) - Continuity Check Protocol (CCP) for use with 6.8032 ERPS
- ▶ Event logging via Syslog over IPv4
- ▶ Find-me device locator
- ▶ Optical Digital Diagnostic Monitoring (DDM)
- ▶ Ping polling for IPv4 and IPv6
- ▶ Port and VLAN mirroring (RSPAN)
- ▶ TraceRoute for IPv4 and IPv6
- ▶ UniDirectional Link Detection (UDLD)

IPv4 Features

- ▶ Black hole routing
- ▶ Directed broadcast forwarding
- ▶ DHCP server and relay
- ▶ DNS relay
- ▶ Equal Cost Multi Path (ECMP) routing
- ▶ Route redistribution (OSPF, RIP, and BGP)
- ▶ Static unicast and multicast routes for IPv4
- ▶ UDP broadcast helper (IP helper)

IPv6 Features

- ▶ DHCPv6 server and relay
- ▶ Device management over IPv6 networks with SNMPv6, Telnetv6 and SSHv6
- ▶ DNSv6 relay
- ▶ IPv4 and IPv6 dual stack
- ▶ IPv6 hardware ACLs
- ▶ NTPv6 client and server
- ▶ Static unicast routing for IPv6
- ▶ IPv6 Ready certified

Management

- ▶ Front panel LEDs provide at-a-glance PSU status, PoE status, and fault information
- ▶ Allied Telesis Autonomous Management Framework (AMF) mode
- ▶ Console management port on the front panel for ease of access
- ▶ Eco-friendly mode allows ports and LEDs to be disabled to save power
- ▶ Web-based Graphical User Interface (GUI)
- ▶ Industry-standard CLI with context-sensitive help
- ▶ Powerful CLI scripting engine
- ▶ Built-in text editor
- ▶ Event-based triggers allow user-defined scripts to be executed upon selected system events
- ▶ SNMPv1/v2c/v3 support
- ▶ Comprehensive SNMP MIB support for standards based device management
- ▶ USB interface allows software release files, configurations and other files to be stored for backup and distribution to other devices*
- ▶ Recessed Reset button

Quality of Service

- ▶ 8 priority queues with a hierarchy of high priority queues for real-time traffic, and mixed scheduling, for each switch port
- ▶ Extensive remarking capabilities
- ▶ IP precedence and DiffServ marking based on Layer 2, 3 and 4 headers
- ▶ Limit bandwidth per port or per traffic class down to 64kbps
- ▶ Policy-based QoS based on VLAN, port, MAC and general packet classifiers
- ▶ Policy-based storm protection
- ▶ Strict priority, weighted round robin or mixed scheduling
- ▶ Taildrop for queue congestion control
- ▶ Wirespeed traffic classification with low latency essential for VoIP and real-time streaming media applications

Resiliency Features

- ▶ Control Plane Prioritization (CPP) ensures the CPU always has sufficient bandwidth to process network control traffic
- ▶ Dynamic link failover (hot standby)
- ▶ Ethernet Protection Switching Ring (EPSR) with SuperLoop Prevention (EPSR-SLP)
- ▶ Ethernet Ring Protection Switching (6.8032 ERPS)
- ▶ Loop protection: loop detection and thrash limiting
- ▶ Media Redundancy Protocol (MRP)
- ▶ Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP)
- ▶ PVST+ compatibility mode
- ▶ Router Redundancy Protocol (RRP) snooping
- ▶ Spanning Tree Protocol (STP) root guard

Security Features

- ▶ Access Control Lists (ACLs) based on Layer 3 and 4 headers
- ▶ Configurable ACLs for management traffic
- ▶ ACL Groups enable multiple hosts/ports to be included in a single ACL, reducing configuration
- ▶ Authentication, Authorization and Accounting (AAA)
- ▶ Auth fail and guest VLANs
- ▶ Bootloader can be password protected for device security
- ▶ BPDU protection
- ▶ DHCP snooping, IP source guard and Dynamic ARP Inspection (DAI)
- ▶ DoS attack blocking and virus throttling
- ▶ Dynamic VLAN assignment
- ▶ MAC address filtering and MAC address lockdown
- ▶ Network Access and Control (NAC) features manage endpoint security
- ▶ Port-based learn limits (intrusion detection)

Anexo I- Especificaciones AltaiCare WLAN Management Solution



AltaiCare
Cloud-Based / On-Premises WLAN Management Solution

AltaiCare

AltaiCare is a cloud-first network management-as-a-service platform that provides centralized visibility and control over the entire product portfolio of the Altai Super WiFi solutions, without the cost and complexity of WLAN controllers or overlay management systems. It greatly simplifies the deployment, operation, and on-going maintenance of Wi-Fi networks of any size.

Product Overview

AltaiCare offers comprehensive cloud services and an on-premises virtual appliance for different deployment scenarios.

AltaiCare Cloud Services

A cloud-based management-as-a-service platform with a subscription model. Hosted via Amazon AWS, AltaiCare is maintained by the Altai Cloud Operations team, and is updated with new features and bug fixes on a regular basis.

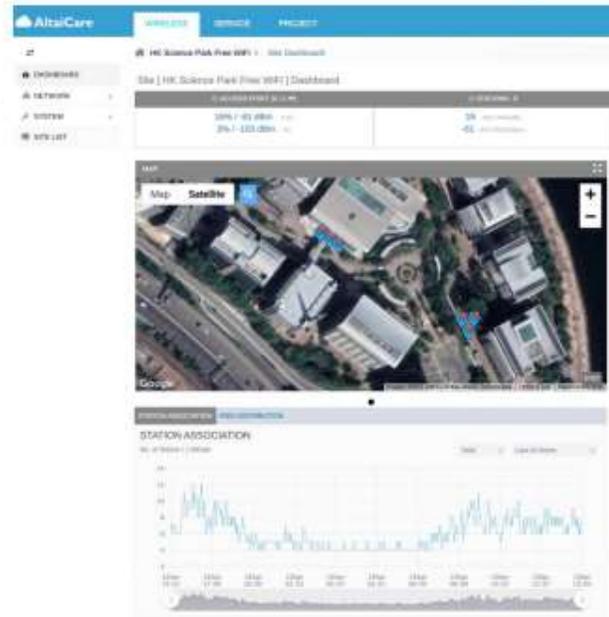
AltaiCare On-Premises

A virtualized version of AltaiCare Cloud Services for enterprises. AltaiCare On-Premises supports easy deployment in VMware, and offers unique features including Active Directory support, northbound interface, and RESTful APIs.

Cloud Management Architecture

Every Altai device, including APs and switches, either connects over the Internet, or over a local LAN, to AltaiCare. These secured connections utilize a proprietary protocol that provides real-time visibility and control, yet uses minimal bandwidth overhead.

The out-of-band control plane of AltaiCare separates management data from user data. Management data flows from Altai devices to AltaiCare, whereas user data breaks out to the local LAN and flows directly to its destination through an existing firewall.



Unmatched Reliability and Scalability

AltaiCare is built on secure, highly redundant, and massively scalable cloud technologies, ensuring the highest possible availability and uninterrupted service. It can support small deployments and can easily ramp-up to support Wi-Fi networks with thousands of APs and tens of thousands of users.

Altai employs a distributed availability and performance monitoring system on the AltaiCare cloud infrastructure. Anomalies in the behavior and function of the application are monitored and alerts are sent to Altai Cloud Operations team for immediate action as required.

Key Features and Benefits

- Comprehensive Deployment Options** Support cloud services and on-premises management for maximizing deployment flexibility.
- Centralized Visibility and Control** Zero-touch provisioning and monitoring of APs, backhaul links, switches, and clients from a single-pane-of-glass web UI, with key performance metrics, alarms, and alerts.
- Full Network View** The Access and Backhaul view, as well as the AP-CPE topology tree, offers full network visibility and control from tower to edge.
- Simple Guest and Private Network Setup** Fully customizable captive portal for guest Wi-Fi with multiple login options and secured private network access using PSK or 802.1x.
- Built-in Reporting and Analytics** Extensive report options with up to 12 months of historical data retention and 1 month of user login history for long-term trending analytics.
- Automation and Third-Party Integration** AltaiCare On-Premises supports RESTful APIs for automation or integration with OSS/BSS system and an SNMP-based northbound interface for NMS integration.



AltaiCare
Cloud-Based / On-Premises WLAN Management Solution

Deployment Options

- Cloud services (subscription-based)
- On-premise virtual appliance (VMWare)

Provisioning and Monitoring

- Zero-touch AP provisioning
- Switch monitoring*
- WLAN creation wizard for quick and easy setup
- Google map integration
- WLAN configuration template
- Push notification for alarms
- Automatic and scheduled bulk firmware upgrade
- Real-time status of WLANs, APs, backhaul links, clients, and users

Visualization

- Full network visibility
- Hierarchical AP-CPE tree
- Access and backhaul view

Guest Wi-Fi

- Captive portal, PSK
- Bulk voucher creation for prepaid access
- Flexible login:
 - Open, email, click-through
- Built-in advertising engine for Wi-Fi monetization
- Social networking login:
 - Facebook, Google
- Per WLAN and per user bandwidth control
- MAC caching to allow repeated customers' quick access to guest Wi-Fi
- Integration with third-party guest Wi-Fi marketing platforms:
 - Express Wi-Fi, Linkyfi, Purple Wi-Fi, and more
- Flexible portal options for L2 and L3 network architecture
- Fully customizable captive portal

Private Wi-Fi

- Authentication:
 - PSK (WPA/WPA2/WPA3)
 - 802.1x with AAA and dynamic VLAN
 - Mac address-based
- Authentication server:
 - RADIUS, Active Directory (virtual appliance only)
- Encryption:
 - WEP, TKIP, AES

Online Advertising

- Powerful portal editor to customize Wi-Fi splash pages
- User profiles exported in CSV for integration with CRM or data analytics
- Dynamic splash pages at any site based on login location, customer profile, time, and customized logs

Security

- Only management traffic is sent to the cloud
- L3 access control for traffic policies
- Client data traffic stays local (broken out to local LAN and sent through an existing firewall)
- Admin account password and login policy

Data and Reporting

- Extensive report options:
 - Per site, per AP, per radio, per SSID
 - WLAN, AP, backhaul, and client statistics
 - Top APs by traffic
 - Top clients by traffic
 - User login and session statistics
- Up to 12-months of historical data retention
- Up to 1-month of client login history
- Up to 1-month of client association history (virtual appliance only)
- Historical reports exported in CSV and PDF
- RESTful APIs for integration with OSS/BSS systems (virtual appliance only)

Administration

- Role-based access
- Multi-level admin
- Multi-site management
- SNMP-based northbound interface for NMS integration* (virtual appliance only)

Location-Based Services

- Integration with LBS by Altai ecosystem partners

Network Devices Supported

- Outdoor AP
 - A2 (ac) series
 - A3-EI
 - A8n (ac) series
 - AX500 series
 - C1n series
 - C1an series
 - CX200
- Indoor AP
 - C2s
 - IX500
 - VX200
- Industrial switch
 - MIS120P*
 - MIS200P*

Other Network Management Highlights

- Automatic load balancing*
- Announcement board for system level notification
- Client isolation
- Remote troubleshooting via SSH/web access to AP
- Rogue AP detection and AP background scanning

Product Ordering Information

AltaiCare Cloud Services

- AltaiCare Annual Subscription Fee (Include Technical Support and Software Upgrade)

AltaiCare On-Premises

- On-premise virtual appliance (VMWare)
- One-time License and Annual Support Fee

Contact Us

- Email: sales@altaittechnologies.com

CARE-PB-210518

* Will be available in the future. Although Altai has attempted to provide accurate information in these materials, Altai assumes no legal liability for the accuracy and completeness of the information. All specifications are subject to change without notice.

