

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ENLACES MICROONDAS Y UN
NODO COMO SOLUCIÓN A UN PROBLEMA DE LÍNEA DE VISTA
PARA LA PLANTA AGROINDUSTRIAL DE JAYANCA,
PROVINCIA DE CHICLAYO”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

CONCHA SANDOVAL MARVIN THOMAS

**Villa El Salvador
2017**

Dedicatoria

A mi Dios, Jehová: por el don de la vida, Su guía y Su cuidado, que me permitió culminar este proyecto.

A mis padres, Ernesto y Herminia: por su cariño incondicional y apoyo, el gran ejemplo que me han dado durante toda mi vida y el motivarme a alcanzar mis metas. A mi hermana, Stacy: por su compañía y apoyo incondicional para seguir adelante.

Agradecimiento

A mi padre: por su consejo y ejemplo de nunca rendirse en lo que se propone. A mi madre: por escucharme y aconsejarme cuando más lo necesité. A mis profesores: por su paciencia en impartir los conocimientos que me formaron como el profesional que soy.

Índice

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE TABLAS	IX
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción de la realidad problemática	3
1.2. Justificación del Proyecto	7
1.3. Delimitación del Proyecto.....	8
1.3.1. Teórica.	8
1.3.2. Espacial.	8
1.3.3. Temporal.....	8
1.4. Formulación del Problema	8
1.4.1. Problema General.	8
1.4.2. Problemas Específicos.	8
1.5. Objetivo.....	9
1.5.1. Objetivo General.....	9
1.5.2. Objetivos Específicos.	9
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Antecedentes.....	10
2.1.1. Estado de las Telecomunicaciones.	13
2.1.1.1. Enlace microondas / fibra óptica.....	14
2.1.1.2. Actualidad.	14
2.2. Bases teóricas	15
2.2.1. Sistemas de telecomunicaciones.....	15
2.2.1.1. Canal o Medio de Transmisión.	15
2.2.1.2. Características de un Medio de Transmisión.	16
2.2.2. Medios No Guiados.....	18

2.2.2.1. Onda Electromagnética	18
2.2.2.2. Espectro electromagnético.	18
2.2.3. Fenómenos en la propagación de las ondas.....	20
2.2.3.1. Refracción.....	20
2.2.3.2. Reflexión.....	21
2.2.3.3. Dispersión.....	21
2.2.3.4. Difracción.	21
2.2.3.5. Efecto de interferencia.....	22
2.2.3.6. Ruido.	22
2.2.3.7. Ruido Atmosférico.....	23
2.2.4. Propagación de Ondas de radio.....	23
2.2.4.1. Propagación por Ondas de Tierra.....	24
2.2.4.2. Propagación por Sistemas por Línea de Vista.	25
2.2.5. Cálculo de enlace	25
2.2.5.1. Cálculo de las pérdidas por FSL	25
2.2.5.2. Margen de desvanecimiento de la señal.....	26
2.2.6. Software especializado para cálculo de enlace	27
2.2.6.1. RadioMobile	27
2.2.6.2. LINKPlanner	28
2.2.6.3. PathLoss	29
2.2.7. Equipos para radioenlace	30
2.2.8. Protocolo de pruebas para un enlace microondas	30
2.2.9. Sistema de refrigeración para una celda	34
2.3. Marco Conceptual.....	35
CAPÍTULO III DISEÑO	38
3.1. Análisis del Modelo	38
3.2. Diseño del Proyecto	42
3.2.1. Estudio de enlaces.	42
3.2.1.1. Enlace punto a punto ITX Chiclayo – ATC Sapame.	42
3.2.1.2. Enlace punto a punto ATC Sapame – Jayanca	49
3.2.2. Technical Site Survey (TSS)	55
3.2.2.1. TSS site ITX Chiclayo (nodo)	55
3.2.2.2. TSS site ATC Sapame (nodo).....	58
3.2.2.3. TSS site JAYANCA (cliente).....	62
3.2.3. Implementación de los radioenlaces	66
3.2.3.1. Instalación del enlace ITX Chiclayo – ATC Sapame	66
3.2.3.1.1. Instalación en el site ATC Sapame	67
3.2.3.1.2. Instalación en el site ITX Chiclayo.....	74
3.2.3.2. Instalación del enlace ATC Sapame – JAYANCA	81
3.2.3.2.1. Instalación en el site JAYANCA	81
3.2.3.2.2. Instalación en el site ATC Sapame	86
3.2.4. Costo y Cronograma del Proyecto	91
3.2.4.1. Costos de Inversión (CAPEX)	92
3.2.4.2. Costos de Operación y Mantenimiento (OPEX).....	93
3.2.4.3. Cronograma (Diagrama de Gantt).....	94

3.3. Resultados	96
3.3.1. Resultados de la Implementación.....	96
3.3.2. Ampliación de la Zona de Cobertura	99
CONCLUSIONES.....	101
RECOMENDACIONES.....	104
BIBLIOGRAFÍA	105
ANEXO A.....	108
ANEXO B.....	114
ANEXO C	120
ANEXO D.....	123
ANEXO E	126
ANEXO F	129
ANEXO G.....	131

Lista de figuras

Figura 1.1. Diseño de enlace para JAYANCA y MOTUPE.....	6
Figura 2.1. Sistema electrónico de comunicaciones básico.....	15
Figura 2.2. Espectro Electromagnético.....	19
Figura 2.3. Formas de propagación de las ondas.....	24
Figura 2.4. Enlace con RadioMobile.....	27
Figura 2.5. Enlace con Radio Path.....	28
Figura 2.6. Enlace con LINKPlanner.....	29
Figura 2.7. Bit Error Rate Tester.....	33
Figura 2.8. Sistema de refrigeración.....	34
Figura 3.1. Esquema de red propuesto.....	39
Figura 3.2. Esquema de red actual vs. Esquema de red propuesto.....	40
Figura 3.3. Antena HP4-71W usada en el enlace ITX Chiclayo – ATC Sapame.....	45
Figura 3.4. IDU GE3 16x usada en el enlace ITX Chiclayo – ATC Sapame.....	46
Figura 3.5. Cálculo de enlace ITX Chiclayo – ATC Sapame.....	47
Figura 3.6. Perfil de enlace ITX Chiclayo – ATC Sapame.....	48
Figura 3.7. Antena VHLP2-11W/A usada en el enlace ATC – Jayanca.....	51
Figura 3.8. IDU FibeAir IP-10 usada en el enlace ATC – Jayanca.....	52
Figura 3.9. Cálculo de enlace ATC Sapame – JAYANCA.....	53
Figura 3.10. Perfil de enlace ATC Sapame – JAYANCA.....	54
Figura 3.11. Torre de 45 m propiedad de INTERNEXA.....	55
Figura 3.12. Cableado que ingresa al cuarto de comunicaciones.....	56
Figura 3.13. Gabinete de comunicaciones con equipos en funcionamiento.....	57
Figura 3.14. Línea de vista hacia el cerro Sapame (nodo de ATC).....	58
Figura 3.15. Torre Autosoportada en ATC Sapame.....	59
Figura 3.16. Ubicación del nuevo gabinete y tablero de energía.....	60
Figura 3.17. Línea de vista (LOS) hacia JAYANCA.....	61
Figura 3.18. Línea de vista (LOS) hacia ITX Chiclayo.....	62
Figura 3.19. Torre ventada en JAYANCA.....	63
Figura 3.20. Recorrido del cableado en el Data Center del cliente.....	63
Figura 3.21. Gabinete de comunicaciones de JAYANCA.....	64
Figura 3.22. Línea de vista (LOS) hacia ATC Sapame.....	65
Figura 3.23. Ingeniería del site ATC Sapame (hacia ITX Chiclayo).....	67
Figura 3.24. Antena instalada y orientada hacia ITX Chiclayo.....	68
Figura 3.25. Antena instalada en la torre de ATC Sapame.....	69
Figura 3.26. Instalación de la IDU en gabinete de ATC Sapame.....	70
Figura 3.27. Primer screenshot de la IDU Aviat: Modulación.....	71
Figura 3.28. Segundo screenshot de la IDU Aviat: Enlace.....	72
Figura 3.29. Tercer screenshot de la IDU Aviat: Sin Alarmas.....	73
Figura 3.30. Ingeniería del site ITX Chiclayo (hacia ATC Sapame).....	74
Figura 3.31. Antena instalada y orientada hacia ATC Sapame.....	75
Figura 3.32. Antena instalada en la torre de ITX Chiclayo.....	76
Figura 3.33. Instalación de la IDU en gabinete.....	77
Figura 3.34. Primer screenshot de la IDU Aviat: Modulación.....	78

Figura 3.35. Segundo screenshot de la IDU Aviat: Enlace	79
Figura 3.36. Tercer screenshot de la IDU Aviat: Sin Alarmas	80
Figura 3.37. Ingeniería del site JAYANCA (hacia ATC Sapame)	81
Figura 3.38. Antena instalada y orientada hacia ATC Sapame	82
Figura 3.39. Antena instalada en la torre de JAYANCA.....	83
Figura 3.40. Instalación de la IDU en gabinete	84
Figura 3.41. Primer screenshot de la IDU CERAGON: Unit Parameters	85
Figura 3.42. Segundo screenshot de la IDU CERAGON: Radio Parameters.....	86
Figura 3.43. Ingeniería del site JAYANCA (hacia ATC Sapame)	87
Figura 3.44. Antena instalada y orientada hacia ATC Sapame	87
Figura 3.45. Antena instalada en la torre de JAYANCA.....	88
Figura 3.46. Instalación de la IDU en gabinete	89
Figura 3.47. Primer screenshot de la IDU CERAGON: Unit Parameters	90
Figura 3.48. Segundo screenshot de la IDU CERAGON: Radio Parameters.....	91
Figura 3.49. Cronograma del proyecto.	95
Figura 3.50. Vista posterior de router Cisco 1921/K9.....	96
Figura 3.51. Router Cisco 1921 e IDU Ceragon en JAYANCA	97
Figura 3.52. Router 1921 instalado, configurado y validado por el proveedor	98
Figura 3.53. Salida a INTERNET desde la PC.....	98
Figura 3.54. Área de cobertura desde ITX Chiclayo y ATC Sapame.	99
Figura 3.55. Área de cobertura ampliada.....	100

Lista de tablas

Tabla 1. Tabla de frecuencias y aplicaciones	20
Tabla 2. Tabla de Costo CAPEX	92
Tabla 3. Tabla de Costo OPEX.....	93
Tabla 4. Tabla del Cronograma del Proyecto	94
Tabla 5. Tabla de comparación de radioenlaces	103

Introducción

Desde mucho tiempo atrás, la comunicación ha marcado la pauta para todo tipo de desarrollo. Tal es así, que estar ‘conectado’ es sinónimo de progreso. Actualmente, las empresas cuentan con locales distribuidos en diferentes partes del país; en otros casos, con sus plantas de producción alejadas de la ciudad. Así que necesitan estar conectadas 24/7 a la red mundial (internet) para ofrecer sus productos y/o servicios; necesitan interconectar sus plantas de producción en tiempo real; y necesitan llevar el control y distribución de sus almacenes de forma remota. Por lo tanto, es común que se opte por contratar el servicio de datos e internet por radioenlace microondas debido a su sencillez y, relativamente, bajo costo de implementación y servicio.

No obstante, el problema común que presentan los enlaces punto a punto son los obstáculos. Este no es un problema nuevo, sino que data desde el inicio de las radiocomunicaciones (finales del siglo XIX). Son numerosas las técnicas desarrolladas para enfrentar este problema: desde la implementación de repetidoras, hasta los avances en la modulación y en la robustez y alta fidelidad de las antenas integradas.

Con el desarrollo de las comunicaciones ópticas, un mayor número de empresas elijen este servicio; pero el costo es mucho mayor. Tal es el caso de la planta agroindustrial de Jayanca, la cual necesita estar interconectada; pero, por las condiciones del sitio y la realidad socioeconómica, no se le puede implementar el servicio de comunicación por fibra óptica.

El presente Proyecto de Ingeniería implementa el método ya conocido de radioenlace con repetidor y diseña los enlaces de tal forma que no se presente el problema de NLOS (sin línea de vista, por obstáculo) a futuro, mediante el cálculo de antenas e implementación de un nodo.

En el primer capítulo, se muestra la problemática de la infraestructura de red física actual en la planta agroindustrial de Jayanca, la cual se enlazó por varios meses a un repetidor en Motupe. Se parte delimitando el estudio, formulando el problema y se proponen los objetivos.

En el segundo capítulo, se revisa el estudio técnico de un caso (similar a este proyecto) publicado por el ITU, y los artículos técnicos que respaldan la solución. Además, se estudian las bases teóricas que sirven de guía para el desarrollo del proyecto.

En el tercer capítulo se diseñan los enlaces, se elige el equipamiento y antenas más adecuados y se implementan los enlaces de acuerdo al diseño de la red física con un nodo. Se efectúan las pruebas para validar el servicio activo luego de la migración, y se cuantifica el alcance de la oferta de servicios por el nuevo nodo implementado.

En la parte final muestro las conclusiones de este trabajo y se las recomendaciones necesarias propuestas.

Capítulo I

Planteamiento del problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

Con la globalización, se hizo necesaria la conexión de las empresas a la red mundial (internet) para exportar productos y competir en el mercado mundial. Las plantas de producción no necesariamente están la ciudad, de allí que aumenta cada vez más la necesidad de enlaces que interconecten las zonas más alejadas (interior del país) y lleven los servicios de banda ancha (datos e internet). Esta situación se ha abordado por años, en sus inicios con la telefonía y más reciente con el servicio de internet. Se toma como base el Estudio de caso de la ITU: Planificación de una Red Rural [1], en donde se buscó extender la red existente, pues la creciente demanda de servicio telefónico (en proyección) no se satisfaría con su red actual. Durante el estudio, el autor concluye que en el diseño de la nueva red se debe considerar tanto las repetidoras como las alturas de las antenas. Leijon (1996) como resultado de su estudio, llegó a la conclusión que existen numerosos casos donde es necesario usar repetidoras en la comunicación pues las conexiones directas por radioenlace están estorbadas.

(p.2)

Como se indicó, la necesidad de servicios de telefonía e internet están relacionados con la red física de comunicaciones y el problema constante son los obstáculos en la línea de vista (LOS). Hay numerosos artículos técnicos en donde los investigadores analizan métodos para superar el obstáculo y/o rediseñar el enlace físico. En 1962 se publicó el artículo científico *Microwave System Engineering Using Large Passive Reflectors* [2] donde el autor analiza 4 sistemas de antenas con repetidor para superar un obstáculo donde no es posible incrementar más las alturas por *site*. Luego de analizar las ventajas y desventajas de cada sistema, Norton (1962) llega a la conclusión que la pérdida agregada al cálculo de enlace por un sistema con repetidor depende de la frecuencia empleada; pero que la pérdida es cada vez menor con el empleo de frecuencias más altas (en el orden de los gigahercios), y el uso de antenas de mayor ganancia (mayor diámetro). Si estas condiciones se cumplen, las pérdidas del sistema pueden ser bastante bajas; y, además, el diseño es más económico, con más fiabilidad y con una disminución en los problemas de funcionamiento y mantenimiento.

Como se ve, el problema común es determinar la ubicación en la que se colocarán las antenas y repetidoras. El método de solución a este problema es importante porque nos podría permitir proponer un arreglo de antenas (enlaces) ante un cambio de infraestructura o reubicación del *site* del cliente.

La empresa Misticorp S.A.C. (Gandules Inc. S.A.C.), en condición de CLIENTE, solicitó los servicios de IP VPN de Level 3, en condición de empresa PROVEEDORA DE SERVICIOS (EPS), para transmisión de datos e internet para sus plantas agroindustriales en JAYANCA y MOTUPE en agosto del 2015. El estudio de campo sobre la “factibilidad de enlace” concluyó que solo una sede podía enlazarse al único y más cercano nodo, ITX Chiclayo (Internexa Chiclayo), por lo que se diseñó e implementó una red que satisfaga la

necesidad de servicio hacia las 2 plantas agroindustriales. Como se aprecia en la figura 1, el 1er enlace se extendió entre ITX Chiclayo y la planta de MOTUPE, y el 2do enlace entre la planta de MOTUPE y JAYANCA. El enlace principal de 10 Mbps se distribuyó de la siguiente forma: 2 Mbps a la sede local (MOTUPE), y 8 Mbps a la sede Central en JAYANCA (a través del segundo enlace microondas).

Los problemas que presenta este diseño de red son: 1) la sede JAYANCA dependía demasiado de MOTUPE en términos de servicio (la caída del enlace en MOTUPE significaba la pérdida del servicio en JAYANCA); 2) la distancia desde el nodo hacia la sede MOTUPE es de 74 Km, lo que implicaba un mayor costo en equipamiento (y repuesto) de la tecnología a emplear, el mínimo movimiento en las antenas (por factores externos) afectaría críticamente el servicio y los equipos trabajarían a la mayor potencia de transmisión posible permitida; 3) el tiempo de reparación era mayor pues el alineamiento de antenas requiere movimientos finos en cada extremo hasta ‘enganchar’ con su remota, y el tiempo total de desconexión se extendía demasiado. Durante el desarrollo del proyecto se presentó un nuevo problema: La planta de MOTUPE cerraría operaciones, lo que significaba la caída del enlace hacia JAYANCA. Previamente ya se había concluido que no era posible un enlace directo entre la sede JAYANCA y el nodo, pues no existe línea de vista (LOS) hacia el nodo de ITX Chiclayo debido a los cerros.

Por los requerimientos del cliente y las condiciones del servicio solicitado, se buscó una solución que se adapte a la situación socioeconómica del lugar. Se hacía necesario implementar un nuevo diseño de red que haga posible seguir brindando el mismo servicio a

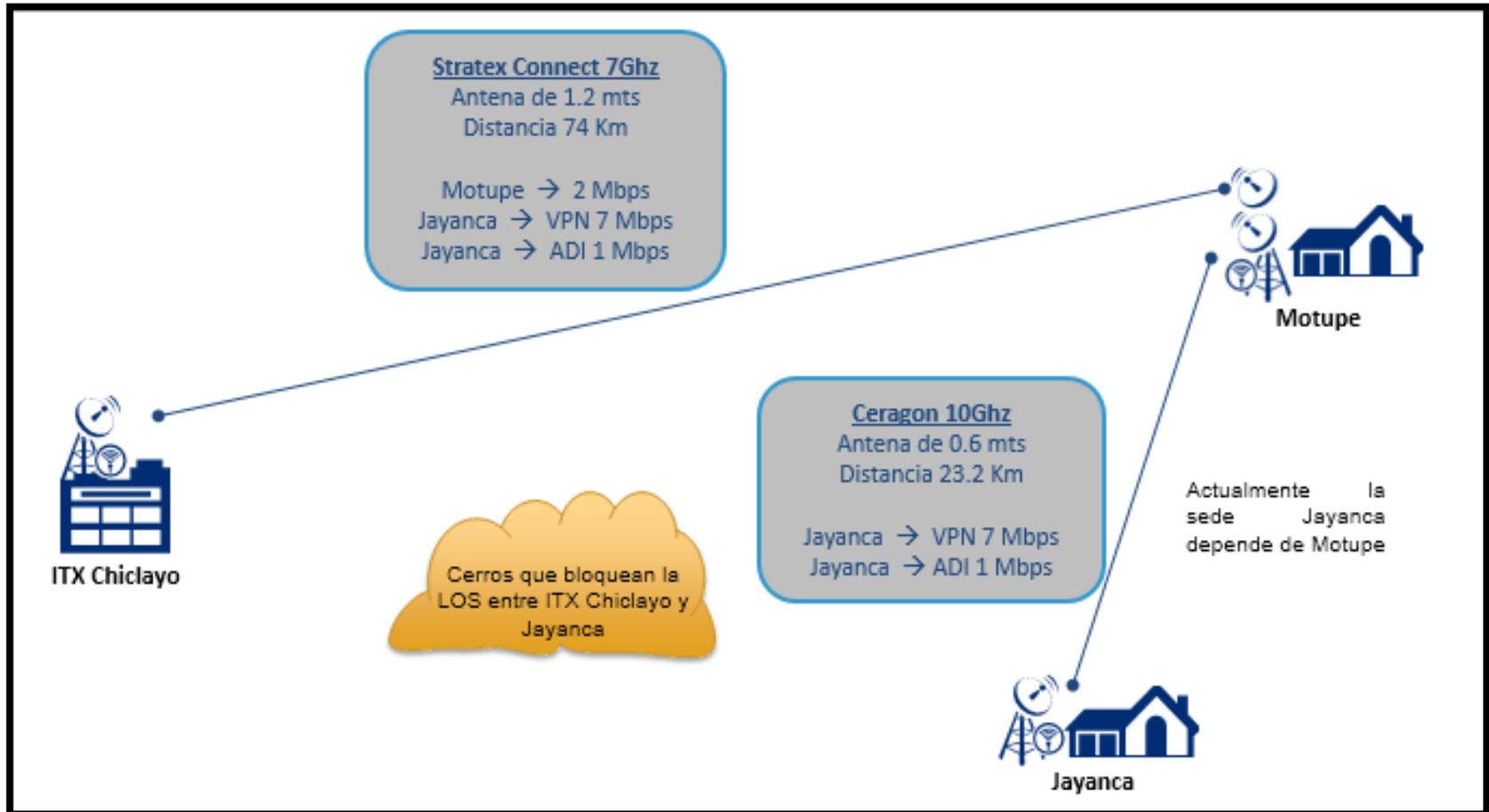


Figura 1.1. Diseño de enlace para JAYANCA y MOTUPE que estuvo activo desde agosto 2015.
Fuente: Felipe (2016).

JAYANCA. El requerimiento de ancho de banda para una sede no justificaba los costos que implican una conexión por F.O., por lo que la inversión más ventajosa era continuar proporcionando los servicios a través de un enlace microondas dedicado a través de un nodo repetidor que permita enlazar la sede de JAYANCA (y, a futuro, MOTUPE y otros potenciales clientes) con el nodo ITX Chiclayo, en la Provincia de Chiclayo.

El proyecto beneficiará a la empresa de cultivo (cliente), la cual necesita su servicio de internet dedicado en forma ininterrumpida, y a la empresa prestadora de servicios (proveedor), la cual fidelizará a su cliente actual y aumentará el perímetro que cubre su oferta de servicios de datos, voz e internet por canal dedicado debido al nacimiento de un nuevo nodo.

1.2. Justificación del Proyecto

El cliente (empresa de agro exportación) contaba, para ese momento, con los servicios de IPVPN en sus 2 sedes. Debido al cierre de su planta de MOTUPE, la sede de JAYANCA estaría quedándose sin conexión y, siendo que esta es su sede principal en la región, fue fundamental que se implemente el nuevo diseño de red y se migre el servicio a este nuevo enlace. Además, el “tiempo de desconexión” durante la migración debía ser mínimo pues la producción de la planta JAYANCA no se puede detener, por lo que la instalación debía hacerse paralela al servicio actual. El éxito del proyecto brindará beneficio económico para la empresa proveedora de servicio, pues le permite afianzar y fortalecer sus vínculos con un importante cliente; y para el cliente, pues su operación en planta Jayanca no se vería afectada.

1.3. Delimitación del Proyecto

1.3.1. *Teórica.*

El presente proyecto abarca el diseño de los 2 enlaces microondas PTP, así como la implementación de los 3 *sites*. No forman parte del estudio el esquema de red detrás del enlace instalado (desde Lima hacia la troncal, datos del Proveedor) ni el diseño/configuración de la red LAN interna (red del cliente).

1.3.2. *Espacial.*

El proyecto de migración de enlaces se realizó en un período de 3 semanas, entre el 12 y 30 de septiembre del 2016.

1.3.3. *Temporal.*

El proyecto de migración de enlaces se realizó en un período de 3 semanas, entre el 12 y 30 de septiembre del 2016.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. *Problema General.*

¿Cómo saber dónde ubicar el enlace repetidor y cuáles son las alturas mínimas del arreglo de antenas, ante el cambio de infraestructura de la red física, que mantenga enlazada la planta agroindustrial de Jayanca?

1.4.2. *Problemas Específicos.*

¿Cómo saber si la ubicación del nodo es adecuada para enlazar las antenas sin obstáculo?

¿Cómo saber a qué altura ubicar las antenas para garantizar la línea de vista?

¿Cómo saber qué antenas son adecuadas para las características del sitio?

¿Cómo saber la nueva cobertura de servicios que tiene la empresa prestadora de servicios ante la activación del nuevo nodo?

1.5. Objetivo

1.5.1. *Objetivo General.*

Mantener activo el actual servicio de internet dedicado mediante la correcta ubicación de antenas ante el cambio en la infraestructura de la red física, y que supere el obstáculo de línea de vista.

1.5.2. *Objetivos Específicos.*

Determinar las alturas mínimas a las que se ubicarán las antenas para garantizar la línea de vista y enlace.

Validar que la ubicación del nodo y su torre de comunicación enlace sin obstáculo hacia Jayanca.

Diseñar los enlaces y las antenas adecuadas que garanticen el servicio ante las características del sitio.

Cuantificar el nuevo alcance geográfico de la oferta de servicios para la empresa prestadora de servicios.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes

Existen tesis de grado que abordan una problemática similar a la que estoy realizando, y son:

PERALTA, I., y SOLIS, L. F. (2015). “*Diseño de un enlace de microondas para proveer servicios de telecomunicaciones a la Nueva Refinería de Tula*”. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México. [3]

En la tesis, los autores plantean implementar un enlace PTP hacia la Refinería Manuel Hidalgo y establecer allí un repetidor hacia la Nueva Refinería Tula. Este arreglo de red física de antenas permite evitar los obstáculos que se presentan en la línea de vista desde el nodo hacia Tula, el cual es un método muy usado cuando no es posible incrementar más la altura de la torre de comunicaciones. El aporte que ellos hacen es que el enlace puede establecerse (a futuro) como redundancia por trayectoria física distinta a las comunicaciones por fibra óptica, de forma que se consideraría un 2do enlace (*backup*) en caso haya rotura de fibra y el servicio conmute inmediatamente. (Peralta y Solis, 2015)

DÍAZ, R. E. (2015). “*Diseño de radioenlace microondas isla San Lorenzo – Campus PUCP para el proyecto Perú Magneto*”. Pontificia universidad católica del Perú, Lima, Perú. [4]

En la tesis se desarrolló una solución para la comunicación de la estación PM-06 del proyecto “Perú-Magneto”. El aporte que se hace es el establecer un enlace dedicado adecuando a la situación económica/demanda de servicios de la zona. Se compararon los 3 tipos de servicios ofrecidos a la estación (fibra óptica, red celular y satelital) y se demuestra que el enlace más robusto, más económico y sencillo de implementar es el sistema de microondas. En la implementación se consiguió un SNR de 34.24 dB, valor óptimo y acorde con lo diseñado en el cálculo de enlaces. Este nivel permite gran estabilidad del enlace y una alta tasa de transmisión, muy cercano al valor por excelencia: superior a 40 dB. También se obtuvo un margen operativo del sistema de 19 dB, el cual es un valor muy cercano al recomendable, 20 dB, para un sistema de alta disponibilidad. (Díaz, 2015)

FERNANDEZ, C. R. (2013). “*Diseño de una red de transporte para la integración de la región Madre de Dios a la Red Troncal de Telecomunicaciones del Perú*”. Pontificia universidad católica del Perú, Perú. [5]

En la tesis se desarrolló una red de transporte integrado a la red troncal existente. Hasta ese año no se había llegado a las zonas más profundas de Madre de Dios. El autor realiza un estudio comparativo entre la inversión para un sistema de microondas, fibra óptica y satelital, concluyendo que la relación costos/instalación/ demanda hacen del sistema microondas el mejor. También propone que para el 2018 se debería implementar la red de fibra óptica, y el enlace troncal de microondas resguardaría la comunicación como *backup*.

El aporte de la tesis es el diseño para implementar la red que fomente el desarrollo de la región de Madre de Dios y por ende también del desarrollo del país, llevando una tecnología de comunicación adecuada y robusta. (Fernandez, 2013)

SILVA, B., y NORIEGA, Y. E. (2015). “*Estudio comparativo a nivel radio entre los sistemas microondas SDH y Packet Microwave como alternativas para el tramo dorsal Trujillo-Ragache de la Red del operador Claro – Perú S.A.C*”. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. [6]

En la tesis, los autores hacen el estudio de operación del sistema microondas con una modulación fija, haciendo pruebas con la variación climática hasta una situación extrema (conforme a la zona, Ragache) buscando que el enlace sea adaptativo y, sin embargo, mantenga su capacidad de 155 Mbps. El aporte que hacen es la investigación en la mejora de la disponibilidad en el enlace con una alta modulación sin llegar a una modulación demasiado baja que afecte la transmisión. (Silva y Noriega, 2015)

GALLEGOS, F. M., y PULLAS, G. A. (2010). “*Análisis del espectro radioeléctrico y estudio para la implementación de una red de radio enlaces entre las unidades de turismo de los 7 Municipios de la provincia de Bolívar*”. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador. [7]

Los autores, en la tesis, proponen una red de radioenlaces que conecten los 7 municipios de la provincia de Bolívar. Esta red usará la banda de 2.4 GHz. El aporte está en el diseño de los 7 enlaces haciendo uso de las cartas topográficas para optimizar las líneas de vista, de forma que las zonas de Fresnel estén libres. (Gallegos y Pullas, 2010).

GONZÁLEZ, L. M., y MONDRAGON, J. L. (2013). “*Cálculo de un enlace de microondas mediante la simulación del software libre Radio Mobile*”. Universidad Tecnológica de Querétaro, Santiago de Querétaro, México. [8]

En la tesis, los autores elaboraron una guía teórica y práctica del cálculo de presupuesto de un enlace. El aporte de la tesis radica en el uso de software de distribución libre llamado *Radio Mobile* y los mapas e información exacta de *Google Earth* (lo cual es novedoso para el 2012). La propuesta del cálculo del enlace que aportan es flexible en cuando puede ser modificada de acuerdo a las variaciones que tuviera el proyecto en el futuro, como una red física escalable. (González y Mondragon, 2013)

2.1.1. *Estado de las Telecomunicaciones.*

Con la necesidad de la comunicación nacen las telecomunicaciones apoyadas en la tecnología para transmitir información de un lugar a otro. Aunque existen distintos métodos para dicha comunicación electrónica, la principal ventaja la encontramos en los radioenlaces microondas pues aventajan en su poder trasladar información entre 2 puntos por muchísimos canales. La principal ventaja radica en dejar a un costado la necesidad de contar con cableado coaxial o con fibra óptica instalada. Y así no se invade la propiedad ajena con las construcciones. Como las ondas se trasladan por aire, son más adaptables a superar obstáculos como montañas encumbradas o grandes lagos, o bosques, y que los sistemas cableados no pueden superar.

2.1.1.1. Enlace microondas / fibra óptica.

Los radioenlaces han sido durante muchos años el motor del sistema de comunicación a distancia. No obstante, en años más recientes ha tenido gran auge (y continúa) la fibra óptica, las cuales tienen mayor capacidad para transmitir información y casi inmunidad al ruido electromagnético.

No obstante, los radioenlaces terminan siendo más económicos que la fibra: comparar con tener 2 torres de comunicaciones y con el medio aire (con separación de 50 km), es mejor comparado a los 50 km de fibra (cableado). Por ende, es rentable y económico el enlace por microondas que rentar la fibra.

2.1.1.2. Actualidad.

En la actualidad, el uso de equipos y antenas de radioenlace para las medianas y grandes empresas, así como el uso local, han aumentado. Esto es debido a la gran ventaja de hacer enlaces entre 2 *sites* muy alejados, pero sin la necesidad de instalar un cableado.

A nivel empresarial, las ofertas por enlaces dedicados son mayores y más costosas, pero muy inferior comparado al costo del servicio por fibra (Fernandez, 2013).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Sistemas de telecomunicaciones.*

Un sistema electrónico de comunicaciones tiene como objetivo principal llevar información hacia un sitio remoto. Por lo tanto, las telecomunicaciones (en síntesis) están compuestas de: un bloque transmisor, un bloque receptor y un medio de transmisión. A esto hemos de añadirle los circuitos electrónicos que la convierten a energía electromagnética para su propagación a través del sistema electrónico y los circuitos electrónicos que procesan la información. (Tomasi, 2003) [9]

De la figura 2.1, se observa dentro del bloque transmisor: la señal moduladora (baja frecuencia), el oscilador de portadora (alta frecuencia) y el modulador. Dentro del bloque receptor: el amplificador, el oscilador (alta frecuencia), el demodulador y la señal demodulada (baja frecuencia). (Tomasi, 2003)

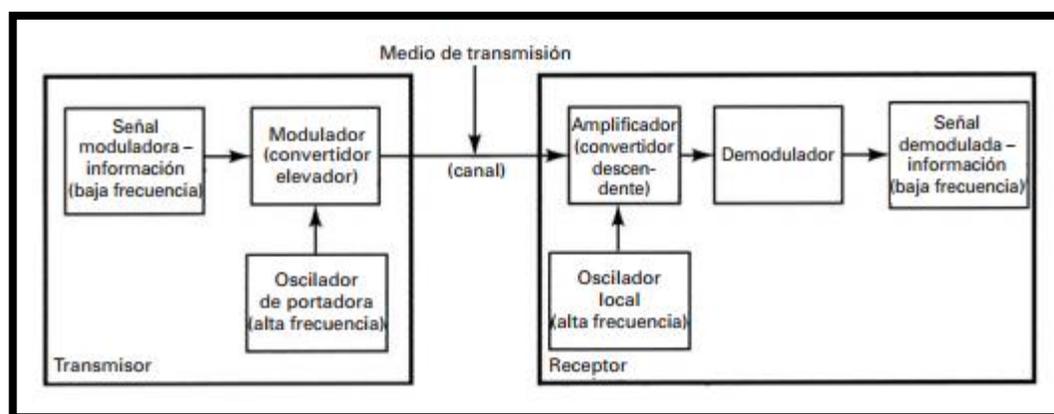


Figura 2.1. Sistema electrónico de comunicaciones básico.
Fuente: Tomasi (2003).

2.2.1.1. *Canal o Medio de Transmisión.*

El medio de transmisión se define como aquel elemento, palpable o no, capaz de movilizar los flujos de información de un lugar a otro (origen y

destino). El medio de transmisión posee características ya sean ópticas, mecánicas, electrónicas y demás, que permite el transporte de información entre terminales separados entre sí. En el ámbito de las telecomunicaciones, se conoce como medios guiados a los cables, fibra óptica y otros (palpables), de tal forma que la transmisión se realiza apoyándose en el medio físico. Mientras que si la información en un sistema de comunicación viaja a través del aire y las ondas no están confinadas en un cable, se trata de canales de comunicación no palpables, llamados también medios no guiados. (Frenzel, 2003) [10]

2.2.1.2. Características de un Medio de Transmisión.

La eficacia del canal de transmisión viene determinada por los factores mostrados a continuación:

Capacidad de Canal. Indica la cantidad máxima de información que puede transmitir dicho canal de manera segura, tan libre de errores como sea posible, en un momento determinado. (Briceño, 2005) [11]

La capacidad del canal se puede calcular a través de la “Ecuación de Hartley-Shannon”:

$$C = B \log_2(1 + SNR)_{(bps)}$$

Donde:

C: información soportada

B: *bandwidth*

SNR: Signal to Noise Ratio.

A este resultado se le llama así por la contribución hecha por Hartley (pionero) y, Shannon, quien dedujo lo mostrado. (Briceño, 2005)

Ancho de banda. Está limitado por las frecuencias (y el rango de ellas) en la que se encuentra concentrada una importante parte de la información (señal). El ancho de banda tiene que ser suficiente como para que las frecuencias relevantes pasen. (Frenzel, 2003)

Frenzel (2003) afirma que el BW de la información no debe superar a la capacidad del canal. Por tanto:

$$B = fb - fa$$

Donde:

B: ancho de banda (Hz)

fb: frecuencia mayor (Hz)

fa: frecuencia menor (Hz).

Relación señal/ruido. Es aquel margen entre la señal transmitida (*P_x*) y el ruido presente en la comunicación que la deteriora. Si se conoce la relación entre señal y ruido (*SNR*), se tiene ventaja sobre la calidad esperada en la comunicación (*R_x*). Cuanto mayor sea el *SNR*, mayor será la calidad del enlace (menos corrompida por el ruido). (Carlson, 2002) [12]

Para calcular la *SNR* se utiliza:

$$SNR (dB) = Señal/Ruido$$

2.2.2. *Medios No Guiados.*

Las comunicaciones a través de medios no guiados son mejor conocidos como comunicaciones inalámbricas. Un medio no guiado transporta las ondas electromagnéticas sin usar un conductor físico. (Couch, 2008) [13]

2.2.2.1. *Onda Electromagnética*

Una onda electromagnética no necesita un medio material para propagarse. Está dividida en dos partes: una componente eléctrica y una componente magnética, ambas separadas por 90°. Cuando se produce una oscilación entre los campos (el eléctrico y el magnético) se dice que la onda se está propagando. Las O.E.M. viajan a la velocidad de la luz, que se aproxima a 3×10^8 m/s. (Couch, 2008)

2.2.2.2. *Espectro electromagnético.*

Contiene al total de ondas electromagnéticas. Va desde las ondas radiales hasta los rayos gamma. En la naturaleza existe un amplio espectro de ondas electromagnéticas, desde las frecuencias muy bajas (amplia longitud de onda) hasta las frecuencias extremadamente altas (longitudes de ondas demasiado pequeñas) como los rayos cósmicos. Entre las ondas electromagnéticas están comprendidas las ondas de radiocomunicaciones. La banda total de frecuencias está distribuida en lo que se conoce como Espectro Electromagnético y se ve en la figura 2.2. (Frenzel, 2003)

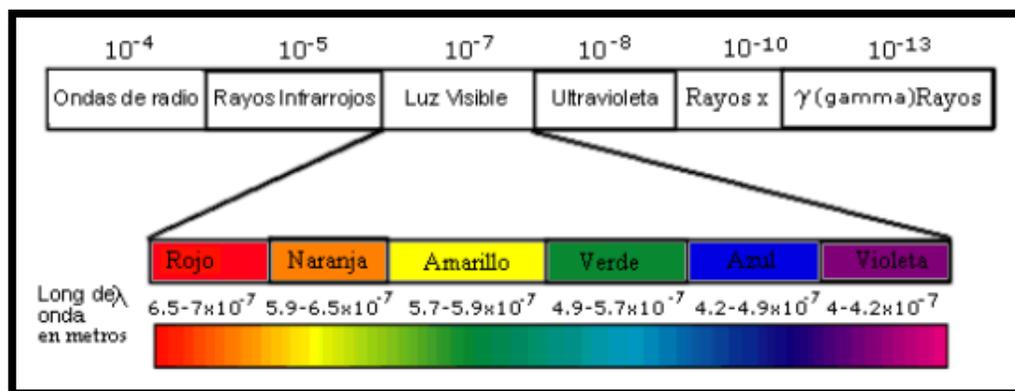


Figura 2.2. Espectro Electromagnético.
Fuente: Frenzel (2003).

La porción del espectro, el cual cubre las ondas de radiocomunicaciones, va desde frecuencias de 3 KHz hasta las de 300 GHz. La red de radio enlaces de Level(3) Perú trabaja en 3 bandas de frecuencias: 7.5, 10 y 38 GHz.

En la Tabla 1 se muestra la clasificación de las diferentes frecuencias que componen el espectro electromagnético, con sus diferentes características y aplicaciones.

Tabla 1.

Tabla de frecuencias y aplicaciones.

<i>Nombre</i>	<i>Frecuencias</i>	<i>Medio de Transmisión</i>
Frecuencia muy baja VLF	3 Hz – 30 kHz	Conductor de metal, radio
Frecuencia baja LF	30 kHz – 300 kHz	Conductor de metal, radio
Frecuencia Media MF	300 kHz – 3 MHz	Coaxial, Radio de Onda Corta
Frecuencia Alta HF	3 MHz – 30 MHz	Coaxial, Radio de Onda Corta
Frecuencia Muy Alta VHF	30 MHz – 300 MHz	Coaxial, Radio de Onda Corta
Frecuencia Ultra Alta UHF	300 MHz – 3 GHz	Radio de Onda Corta, Guías, Microondas
Frecuencia Súper Alta SHF	3 GHz – 30 GHz	Guías de Ondas, Microondas
Frecuencia Extra Alta EHF	30 GHz – 300 GHz	Guías de Ondas, Microondas, Fibra Óptica

Nota. Las microondas están comprendidas entre las UHF y SHF. Fuente: Adaptado de Briceño (2005).

2.2.3. *Fenómenos en la propagación de las ondas*

Tomasi (2003) afirma que en los sistemas por línea de vista, las ondas se ven afectadas por ciertos fenómenos que pueden alterar la trayectoria de las mismas. Esto impide que las ondas se comuniquen como se espera, y hayan problemas en la recepción de la información transmitida, y son:

2.2.3.1. *Refracción.*

Ocurre cuando la onda pasar a otro medio (densidad distinta, índice de refracción distinta) y este sufre un cambio en la dirección que se propaga. Cuando la onda pasar entre 2 medios distintos, sufren desviación. A este efecto

se le conoce como refracción en O.E.M., pues la onda experimenta un cambio en su velocidad (teniendo de referencia el medio anterior). (Tomasi, 2003)

2.2.3.2. Reflexión.

Cuando la onda incide sobre un medio y no atraviesa, sino que se refleja volviendo a su mismo medio inicial. (Tomasi, 2003)

2.2.3.3. Dispersión.

Ocurre cuando las ondas atraviesan un material y se separan las que tienen frecuencia distinta. Esto también sucede cuando las microondas atraviesan pequeñas gotas de agua en áreas suficientemente grandes, por lo que es de especial interés en el cálculo de enlace. Cuando el diámetro de esta gota es menor que la longitud de onda, la atenuación será pequeña; y al revés ocurre exactamente lo contrario, la atenuación se acrecentará. (Tomasi, 2003)

2.2.3.4. Difracción.

Es posible entenderla como aquel esparcimiento de ondas en el límite de determinada superficie. Cuando se tiene un obstáculo, el fenómeno hace que la señal (en parte) pase hasta el sitio obstáculo. En nuestro análisis se considera la difracción pues se cuenta con zonas de sombra de señal causadas por edificios, árboles, montes alto (cerros) etc. (Tomasi, 2003)

2.2.3.5. Efecto de interferencia.

Es una energía creada por distintas fuentes que aparece en el dispositivo receptor. Se genera cuando dos o más ondas electromagnéticas se combinan, afectando a los sistemas de radio. El caso más frecuente es que otros usuarios estén utilizando la misma frecuencia. También podría ser dar porque algunos equipos, inadvertidamente, transmiten energía fuera de su banda y en bandas de canales adyacentes. Existen dos tipos de interferencias, la interferencia constructiva y la interferencia destructiva. (Tomasi, 2003)

Interferencia constructiva. Cuando dos ondas son de la misma frecuencia pero de diferente amplitud, su interferencia una a otra es constructiva, y la onda resultante es de amplitud mayor. (Tomasi, 2003)

Interferencia destructiva. Cuando dos ondas están desfasadas, es decir, la amplitud de las ondas no coincide en el tiempo, las ondas se destruyen en parte (interferencia destructiva) y la onda que resulta es de amplitud mínima. (Tomasi, 2003)

2.2.3.6. Ruido.

Una señal transmitida sufre atenuaciones a lo largo de la trayectoria del enlace ya que desafortunadamente se van sumando señales no deseadas y es contaminada por interferencias (tanto ambientales como otras) hasta llegar al receptor. Estas señales no deseadas y que no poseen afinidad con la señal de transmisión se les conoce como ruido. El ruido ingresa a un receptor por medio de la antena y desde fuera de ella. (Briceño, 2005)

La intensidad de ruido, en el diseño del sistema de comunicación, es un factor importante que permite determinar la potencia en el transmisor y la máxima distancia cubierta con un transmisor de cierta potencia. En el sistema de comunicación, predominan los ruidos del tipo: estático o atmosférico, cósmico o galáctico y los producidos por el hombre. Y la señal de información se verá afectada en relación a la frecuencia de los equipos usados en la comunicación. (Briceño, 2005)

2.2.3.7. Ruido Atmosférico.

Tiene su origen en las tormentas eléctricas y en otros disturbios eléctricos naturales que se producen en la atmósfera. Es del tipo impulsivo y su energía se distribuye sobre una amplia banda de frecuencias útiles, predominando hasta los 30 MHz. Mientras más frecuencia, el ruido atmosférico decrece; por lo que para frecuencias muy altas su influencia es nula. Es aquí que predominará el ruido cósmico. Las fuentes de éste tipo de ruido son las diferentes galaxias y el sol, además de otras fuentes puntuales de muy alta intensidad de ruido. El ruido siempre estará presente sea cual sea la banda de frecuencia que se emplee, pero se reduce al disminuir el *Bandwidth* del equipo de comunicaciones a utilizar. El problema es la reducción de la información transmitida en un cierto tiempo. (Briceño, 2005)

2.2.4. Propagación de Ondas de radio

La influencia de los fenómenos naturales en la onda que se propaga, depende de la frecuencia que opera el sistema, la naturaleza física de la trayectoria seguida por

la onda y la proximidad de las antenas a la superficie terrestre. Las ondas de radio en la banda VHF pueden ser detectadas en una trayectoria de Línea de Vista (LOS). En la actualidad se afirma que la información (a alta frecuencia) van a los equipos de comunicaciones y esto lo realizan siguiendo una o varias vías. (Couch, 2008)

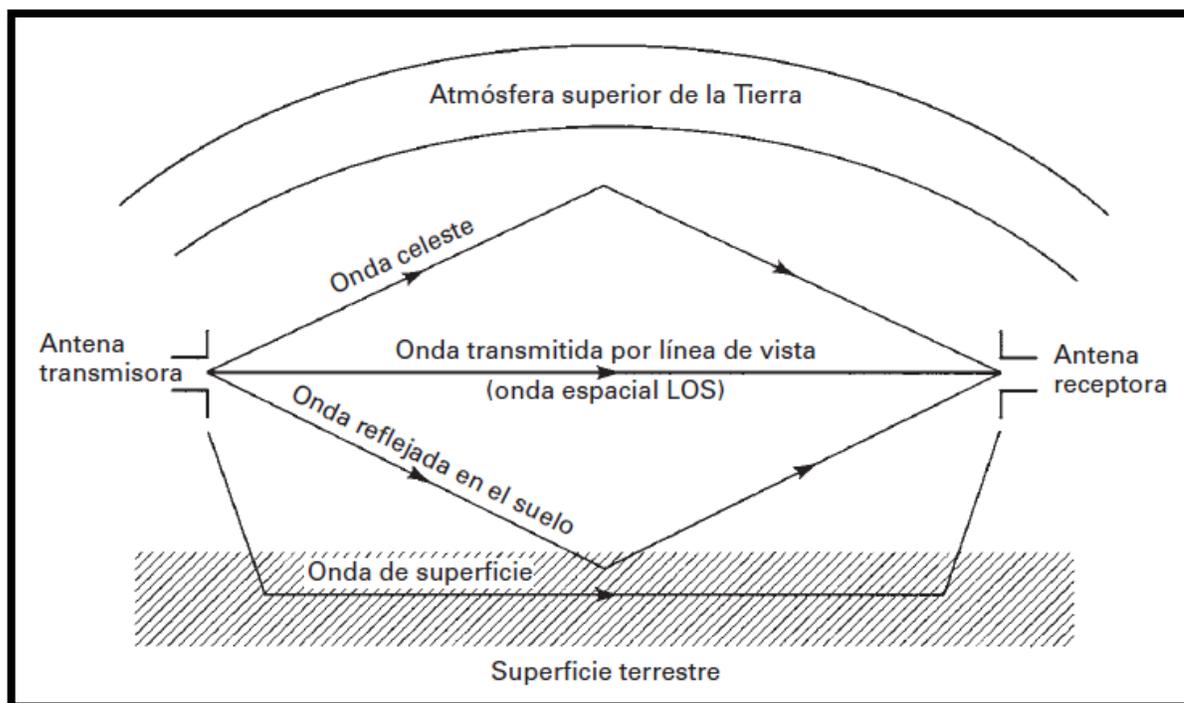


Figura 2.3. Formas de propagación de las ondas.
Fuente: Tomasi (2003).

2.2.4.1. Propagación por Ondas de Tierra.

Se da debido a que las ondas siguen la curvatura terrestre en la que la señal RF alcanza enormes longitudes hasta ser absorbida a causa de la tierra. Debido a la difracción, la onda (información) rodea obstáculos grandes. El uso

común para esta propagación son las radiodifusoras, tanto las de media como las de onda larga. (Tomasi, 2003)

2.2.4.2. Propagación por Sistemas por Línea de Vista.

Es un tipo de propagación de ondas espaciales. La propagación mediante la línea de vista se refiere a la radiación electromagnética incluyendo emisiones ligeras (de luz) que viajan en línea directa entre una antena emisora y una receptora. Los rayos u ondas, son difractados, refractados, reflejados, o absorbidos por la atmósfera y por las obstrucciones de algún material, y generalmente no pueden viajar sobre el horizonte o detrás de los obstáculos. (Tomasi, 2003)

Este tipo de propagación es usado en los enlaces microondas y es el que se usó en este proyecto, observado en figura 2.3. En esta figura se ve un tercer tipo de propagación de ondas: por onda celeste.

2.2.5. Cálculo de enlace

2.2.5.1. Cálculo de las pérdidas por FSL

También conocidas como pérdidas por dispersión, y se define como aquella pérdida en que incurre la O.E.M. cuando se propaga en el vacío, sin que nada afecte ni obstáculos. Están relacionadas directamente con la frecuencia, y aumenta con el aumento de la distancia. (Tomasi, 2003)

La ecuación que permite determinar las pérdidas es:

$$L_p = \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2 = \left(\frac{4\pi f D}{c} \right)^2$$

Donde:

L_p = pérdidas por espacio libre (trayectoria)

D = distancia (ms)

f = frecuencia (Hz)

λ = Longitud de onda (m)

c = Velocidad de la luz en vacío (3×10^8 m/s)

Tomasi (2003) muestra la ecuación simplificada al aplicar la ganancia logarítmica en dB y reemplazar los valores de la velocidad de la luz (c) y se queda en valor de D (distancia en kilómetros) y f (frecuencia en GHz), dando como resultado:

$$L_{p(\text{dB})} = 92.4 + 20 \log f_{(\text{GHz})} + 20 \log D_{(\text{km})}$$

2.2.5.2. Margen de desvanecimiento de la señal

Tomasi (2003) indica que este margen es en realidad un “factor ficticio” pero incluida por conveniencia en la ecuación de ganancia. La razón de este margen “ficticio” es a fin de tener en cuenta aquellas características no predecibles (ideales) del enlace, como la sensibilidad del terreno. En el diseño de guarda un margen debido a que las condiciones del tiempo y atmósfera pueden cambiar por momentos y alteran en determinado momento la eficacia del sistema (pues se incrementan las pérdidas por espacio libre).

Por tanto, el margen de desvanecimiento es necesario para más confiable el sistema pues tiene en cuenta que un objetivo es llevar al límite el enlace y que siga en funcionamiento (Tomasi, 2003)

2.2.6. *Software especializado para cálculo de enlace*

Entre los Software especializados para el cálculo de enlace disponemos de variedad, cada uno con sus ventajas como características y costo por uso.

2.2.6.1. *RadioMobile*

Del manual de uso, se puede decir que el RadioMobile es aquel software especializado libre, con su punto fuerte en el cálculo de radio enlaces a larga distancia especialmente con terreno irregular.

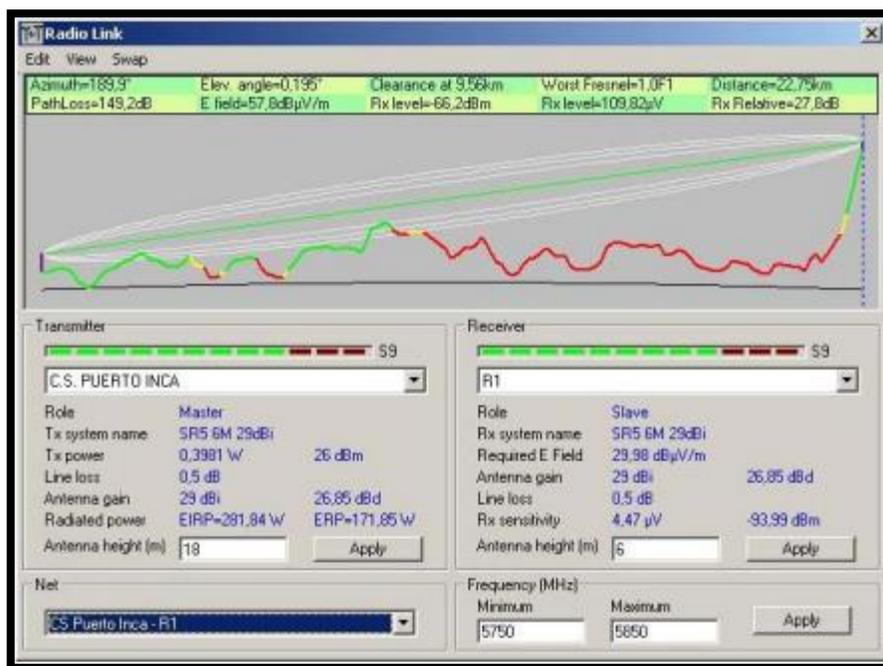


Figura 2.4. Enlace con RadioMobile.
Fuente: Manual de RadioMobile (2016).

Tal como los otros Softwares especializados, se usan perfiles geográficos y se une al equipamiento con características propias (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc). El ser un software de uso libre provoca mayor interés en los diseñadores.

Se complementa con el Radio Path que presenta el mismo resultado del RadioMobile pero de forma más elegante.



Figura 2.5. Enlace con Radio Path.

Fuente: Manual de RadioMobile (2016).

2.2.6.2. LINKPlanner

LINKPlanner permite modelar escenarios de "What if", basados en geografía, distancia, altura de antena, potencia de transmisión y otros factores, para optimizar el rendimiento del sistema. Permite diseñar rápidamente redes para una implementación óptima y rentable (con facilidad). LINKPlanner lidera la industria como la herramienta de planificación de enlaces RF más

confiable e intuitiva, con decenas de miles de enlaces desplegados con éxito en todo el mundo. Pues su mejor ventaja es que es un Software de uso libre.



Figura 2.6. Enlace con LINKPlanner.

Fuente: CambiumNetworks (2017).

2.2.6.3. PathLoss

El programa Pathloss es una herramienta completa de diseño de trayectos para enlaces de radio que funcionan en la gama de frecuencias de 30 MHz a 100 GHz. El programa está organizado en ocho módulos de diseño de trayectos, un módulo de cobertura de señal de área y un módulo de red que integra las rutas de radio y el análisis de cobertura de área. Este Software es licenciado (de paga). La Empresa Prestadora de Servicios ha usado durante

años este software con excelentes resultados. Debido a la confianza en este software es que se ha decidido emplearlo para el estudio. En el capítulo 3 se mostrará el empleo de este software y en los anexos se adjunta su datasheet.

2.2.7. Equipos para radioenlace

En el mercado de las telecomunicaciones, son muchos fabricantes que ponen a disposición equipos con grandes prestaciones. De estos, la EPS LEVEL (3) trabaja con 3 para sus enlaces P2P (punto a punto): SAF, CERAGON y AVIAT, y 1 para sus multipuntos: CAMBRIDGE. En el capítulo 3, durante el diseño e implementación, se muestran las ventajas de los equipos usados los cuales cumplen con los requisitos mínimos requeridos. Es debido a la confianza, ganada durante años de trabajo en conjunto, que la EPS LEVEL (3) prefiere instalar en su red equipos de estas marcas. En este proyecto se ajustó la elección de la mejor marca a solo estos 3; de estos, se usó CERAGON y AVIAT, tal como se indica en el capítulo 3. En los anexos se muestran los datasheet de estos equipos con sus características.

2.2.8. Protocolo de pruebas para un enlace microondas

La validación del correcto enlace y alto performance se realiza siguiente un conjunto de pasos que componen el “Protocolo de Pruebas para Validación de un enlace microondas”. Para esto se necesitan equipos de medición de señal y potencia y son:

- PC portátil con el software del fabricante de la tecnología microondas (en este caso el Aviat y el Ceragon).

- Analizador de BER
- Multímetro Digital
- Medidor de potencia RF
- Analizador de Espectros

Estos equipos se emplean durante el desarrollo del protocolo de pruebas. El procedimiento o protocolo de pruebas para un enlace microondas está compuesto por:

a) Prueba N° 1: Configuración de parámetros

Verificar detenidamente la configuración del radio empleando la PC portátil y el Software de fabricante. Se debe confirmar que los parámetros introducidos coinciden con los especificados en la ingeniería.

b) Prueba N° 2: Suministro de DC

Medir el voltaje en los breakers que alimentan los equipos; el multímetro digital debe arrojar un valor de **-48 V** +/- 5% (en DC).

c) Prueba N° 3: Potencia de salida del transmisor

Medir el nivel de voltaje en el pin de salida del transmisor (radio). Tomar nota de la potencia obtenida con una modulación baja (QPSK) y con una más alta (256QAM). Validar las mediciones haciendo uso del medidor de potencia RF.

d) Prueba N° 4: Nivel de recepción de RF

Verificar el nivel de Rx alcanzado en el alineamiento comparándolo al nivel de Rx esperado según el cálculo de enlace en la ingeniería. Emplear la PC portátil y el software de fabricante. Disminuir 1 dBm en ambos

extremos y tomar nota del cambio en Rx. Repetir la prueba y verificar que la variación en Rx de ambos extremos sea uniforme. De no ser uniforme la variación en Rx, realizar nuevamente el alineamiento. Esta prueba se realizan en conjunto con la Prueba N° 5: Interferencias.

e) Prueba N° 5: Interferencias

Tomar nota del valor de Rx (en dB) alcanzado en el radio local y el remoto. Mediante Software del fabricante y la PC portátil, ingresar al radio remoto y apagar la Tx. Tomar nota del nivel en Rx de la antena local y luego encender la Tx. Repetir la prueba desde el otro extremo. Si en algún momento de la prueba el nivel que se obtiene en Rx es $> -90\text{dB}$, teniendo apagado el Tx del radio remoto, hacer uso del analizador de espectro y encontrar la señal interferente. De encontrarse dicha señal, analizar con el área de Ingeniería el cambio de frecuencias.

f) Prueba N° 6: Revisión de alarmas

Ingresar al *Software* de fabricante y validar que no se muestren alarmas lógicas. Contrastar con las alarmas físicas (leds). Hacer un reseteo de *Log* y monitorear las alarmas en el terminal.

g) Prueba N° 7: Pruebas de conexión

Validar que el cableado este correctamente instalado y sin errores. Emplear el BERTester y conectar el analizador al tributario (puerto de tráfico). Realizar un bucle en el extremo del cable y confirmar la alarma en el remoto. Configurar mediante software para las pruebas de BER. Verificar que desaparezca la alarma, e iniciar las pruebas con el

BERTester (ver **Figura 2.7**) y un muestreo desde 1000 (**10-3**), hasta 1000000 (**10-6**). Agitar el cable durante la prueba y verificar que el resultado no varíe (sin errores). De ser conforme proceder con el retiro del bucle y terminar las pruebas desde el Software de fabricante del radio.

h) Prueba N° 8: Desempeño

Backupear el historial del radio y proceder a eliminar la información de eventos. Dejar monitoreado el enlace durante al menos 24 horas y verificar las alarmas y/o eventos (Log). Si el desempeño es bueno, pero no óptimo (con degradación) dejar correr 24 horas más. Si el sistema está considerablemente degradado, proceder con el realineamiento y verificar la instalación.



Figura 2.7. Bit Error Rate Tester.

Fuente: REACH Technologies Inc (2016).

Si las pruebas son correctas y luego de aprobar el protocolo de pruebas para el radioenlace, se procede a registrar los datos y validar el óptimo enlace instalado mediante el acta de instalación.

2.2.9. Sistema de refrigeración para una celda

Los datacenter y salas de servidores pueden llegar a alcanzar unas temperaturas de 50°C por el calor que disipan los equipos de comunicación. Por eso se emplean sistemas de refrigeración y aire acondicionado para el funcionamiento óptimo. Si no se hiciera así, los equipos sufrirían demasiado en extraer el aire caliente e inyectar aire fresco, lo que ocasionaría el deterioro temprano del equipo.

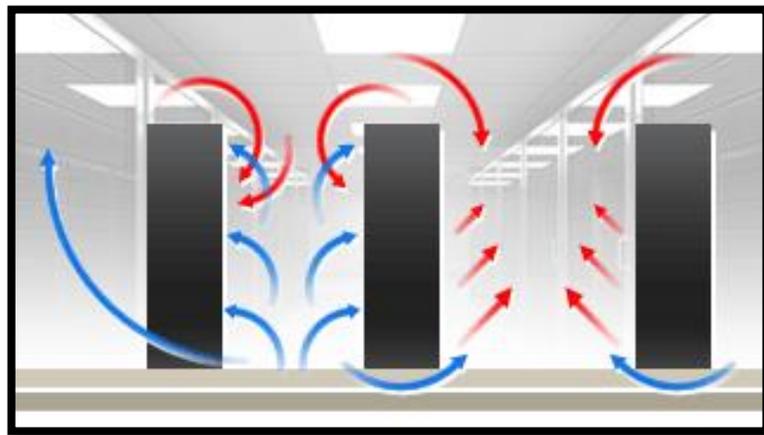


Figura 2.8. Sistema de refrigeración.
Fuente: DataCenter Consultores (2016).

Lo que emplea en la actualidad es el sistema de Aire Acondicionado. En el presente proyecto se instaló un sistema de Aire Acondicionado y se programa en mantener la temperatura de la sala en 17°C. No se recomienda permanecer mucho tiempo expuestos en la sala.

2.3. Marco Conceptual

Arquitectura de red: permite definir la infraestructura de la red y especificar cómo se van a aplicar los servicios y protocolos programados a la infraestructura. Se denomina infraestructura a los componentes físicos de la red, terminales, y la forma de interconexión entre ellos. (Tanenbaum, 1997)

Decibelio: se llama así a unidad empleada en telecomunicaciones que expresa la relación entre dos magnitudes (por ejemplo eléctricas) o también entre una magnitud estudiada y la magnitud usada como referencia. (Pierce y Noll, 1995)

Instrumentación de campo: dispositivos electrónicos que realizan mediciones de parámetros como presión, temperatura y flujo de una forma fiable. La instrumentación de campo proporciona medidas de campo precisas para mantener el máximo rendimiento de un proceso. (Nise, 2000)

Longitud de onda: es aquella separación entre 2 crestas o valles de una onda al dar una oscilación completa. Este parámetro viene dado en función de la velocidad que se propaga la onda y su frecuencia. Esta velocidad, 300.000.000 m/s, es proporcional a la longitud de onda, mientras que la frecuencia está relacionada de forma inversa. (Forouzan, 2007)

Microondas: Se denomina así a aquellas ondas electromagnéticas cuya frecuencia está comprendida en el rango de 300 MHz y 30 GHz.

Modulación: es el proceso necesario para hacer que una señal banda base (frecuencia menor) se pueda transmitir en el medio a una alta frecuencia; trasladando para ello su margen de frecuencias. (Pierce y Noll, 1995).

Multipunto: es una configuración donde varios dispositivos comparten el mismo enlace. De un punto se enlazan todos los terminales en esa red. En este tipo de configuración la información fluye de forma bidireccional. El uso del medio puede realizarse basándose en la utilización de la configuración de línea compartida espacialmente, donde las terminales pueden utilizar el medio de manera simultánea, y a partir de la configuración de línea de tiempo compartido, donde solo una de las terminales pueden utilizar el medio, la terminal que primero lo encuentre disponible es la que primero lo va a utilizar. (Forouzan, 2007)

Protocolo de comunicación: representa un acuerdo entre las partes a comunicar, en este acuerdo se determina que aspectos de la comunicación deben ser compatibles entre los terminales como por ejemplo, el lenguaje de programación, codificación de los datos, formato de mensaje, etc. Si las terminales que componen la red no poseen protocolos de comunicación compatible, puede ser que exista la conexión, pero nunca habrá comunicación entre las partes. (Tanenbaum, 1997)

Punto a punto: proporciona un enlace dedicado entre dos dispositivos al enlazar directamente 2 troncales. Para transmitir los paquetes de una máquina hacia otra, se hace necesario que pasen por otras máquinas (intermedias), realizando un trazado de rutas mediante *routers*. Estos reciben la información entregada por el nodo y entregan a su receptora (estación plenamente identificada antes). (Forouzan, 2007)

Red de comunicaciones: es aquel grupo de dispositivos interconectados mediante un medio físico. Todos los dispositivos envían y reciben la información que circula por la red. Los dispositivos pueden estar separados geográficamente, pero esto no resulta inconveniente durante el procedimiento de la comunicación. (Tanenbaum, 1997)

Sensibilidad del receptor: Es la medida de un equipo de comunicación la cual le permite discernir las señales de bajo nivel de potencia, esto, le facilita reconocer y distinguir las señales del ruido. Es el menor valor de potencia que se necesita para poder decodificar la señal a comunicar. (Nise, 2000)

Capítulo III

Diseño

3.1. Análisis del Modelo

En la *Descripción de la realidad problemática* se mostró que el enlace actual desde el nodo ITX Chiclayo hacia la sede de MOTUPE es de 74 km. Debido a que no es posible enlazar directamente ITX Chiclayo con la sede de JAYANCA, se instaló una repetidora en la sede de MOTUPE. El enlace hacia JAYANCA, desde MOTUPE, es de 23.2 km. Debido a que se dio de baja la sede de MOTUPE, volvimos al problema inicial con el obstáculo entre ITX Chiclayo y la planta de JAYANCA.

Debido a que no es posible instalar una antena de más de 100 m en el cliente, debido a los costos de implementación y las pérdidas en cableado, se propuso la instalación de un nuevo nodo tal como se aprecia en la figura 3.1. En dicha figura se observan 3 enlaces (hacia ATC Sapame, JAYANCA y MOTUPE), de los cuales solo se implementaron 2: hacia ATC Sapame y hacia JAYANCA. Esto debido a que la sede de MOTUPE cerró operaciones, lo que fue una razón más para modificar el esquema de red actual al no tener una estación repetidora (anteriormente MOTUPE).

Se buscó en la zona un *site* con una torre de comunicaciones y una sala de equipos en Illimo. El *site* elegido está en el cerro Sapame: nodo ATC Sapame, propiedad de American Tower Perú. Los 3 enlaces son punto a punto y el enlace de ITX Chiclayo a ATC Sapame es troncal, por lo que se emplearon antenas de 1.2 m y una tecnología que soporta un mayor ancho de banda puesto que a los futuros clientes se les enlazará con ATC Sapame (nuevo nodo).

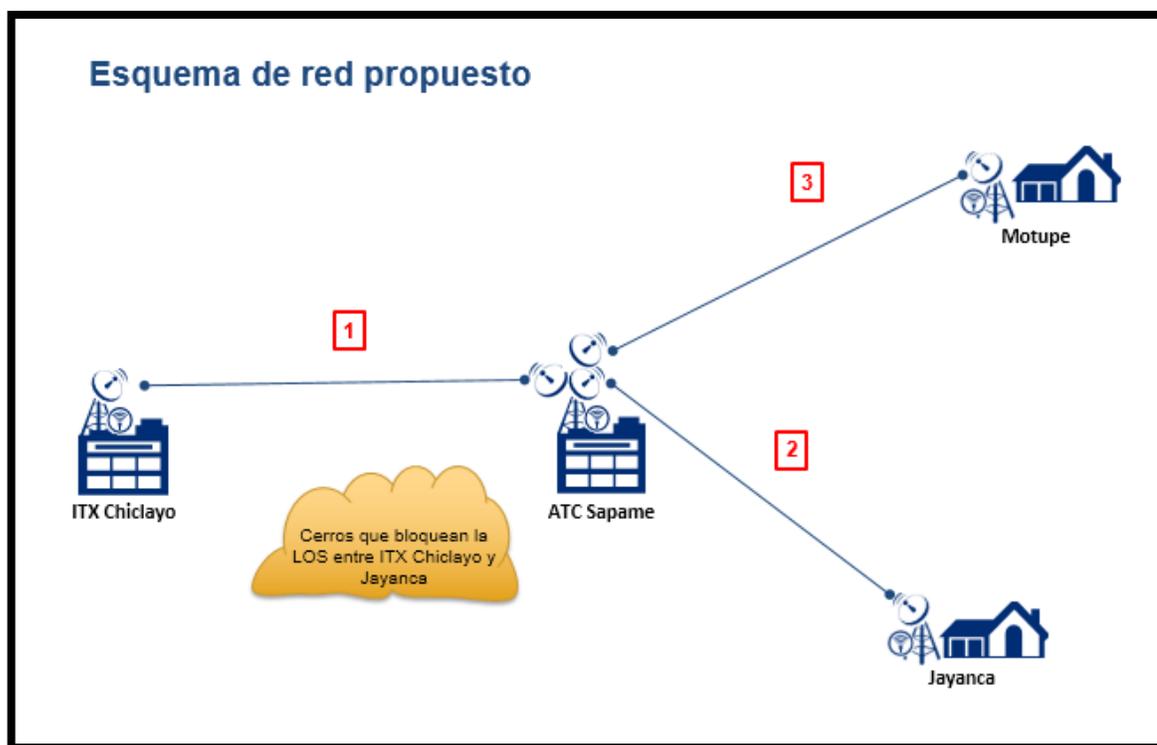


Figura 3.1. Esquema de red propuesto.

Fuente: Felipe (2016)

En la figura 3.2 se observa el primer esquema de red entre ITX Chiclayo y las 2 sedes del cliente (color rojo); así como el nuevo enlace propuesto (color amarillo). Si bien es cierto que se continuará brindando servicio a JAYANCA, por lo que no representa un nuevo servicio para el cliente, la ventaja del esquema de red propuesto radica en la forma de

satisfacer la necesidad de nuevos enlaces para potenciales clientes en la región. Con el antiguo esquema de red, se tendría que enlazar a los clientes con ITX Chiclayo y los costos por equipamiento para cubrir la demanda son altos pues las antenas requerirían ser de 1.2 m para cubrir enlaces por encima de 50 km (además del equipamiento interno, que debería ser robusto para las condiciones con las que operaría).

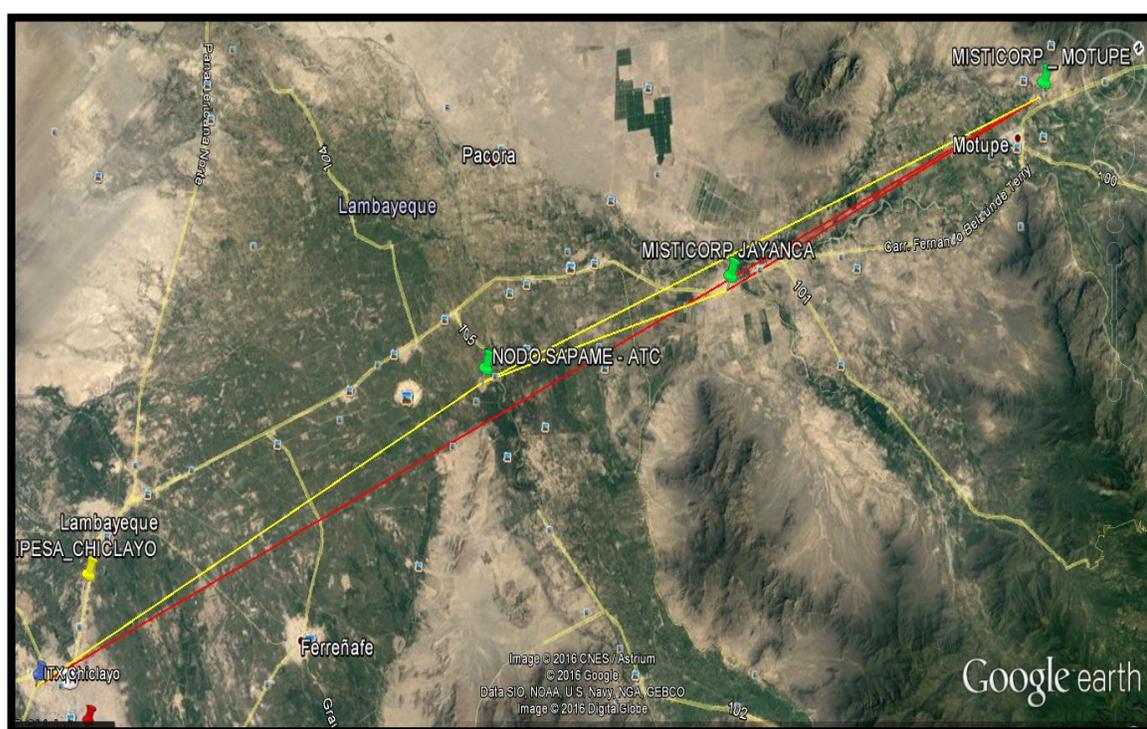


Figura 3.2. Esquema de red actual vs. Esquema de red propuesto.

Fuente: Elaborado con Google Earth.

Con el nuevo esquema de red propuesto, y la creación del nuevo nodo, los nuevos clientes de la región se enlazarán hacia ATC Sapame. Al tener enlaces de menos de 30 km, los costos por equipamiento para antenas de 0.6 m es mucho menor.

Los procedimientos seguidos en el este Proyecto de Ingeniería están establecidos en la documentación técnica de la empresa de servicios de Telecomunicaciones BMP CONSULTING S.A.C. (antes BMP INGENIEROS S.A). La documentación técnica se incluye en los anexos como sigue:

ANEXO A. Estudio de factibilidad de enlace – torre

ANEXO B. Instalación de antena en torre

De acuerdo al documento técnico de Instalación en Torre de comunicaciones (ver anexo B), se procede de la siguiente manera:

- ✓ Traslado de equipamiento (ODU, soporte para torre, IDU, accesorios, cables, consumibles y otros) a los 3 *sites*.
- ✓ Instalación e implementación del gabinete de comunicaciones en el nuevo nodo, ATC Sapame, así como el rectificador y banco de baterías.
- ✓ Armado e instalación de antenas en la torre de comunicaciones.
- ✓ Cableado de IF y tierra hasta el gabinete de comunicaciones.
- ✓ Apuntamiento del enlace ITX Chiclayo – ATC Sapame
- ✓ Apuntamiento del enlace ATC Sapame – JAYANCA.
- ✓ Migración de servicios al nuevo enlace (nuevo esquema de red), activación y pruebas de servicio.

La técnica está basada en la “Recomendación UIT-R P. 530-16: Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa”, sección 2.2.2.1 Configuraciones de antena sin diversidad [14].

3.2. Diseño del Proyecto

Lo primero que se debió definir es la ubicación del nodo donde se colocaría nuestra antena, confirmar que existiera la línea de vista hacia las sedes (LOS) y asegurar que la línea de vista (por ser una troncal) no se vea afectado por futuros obstáculos. Se eligió el nodo de American Tower Perú (ATC) ubicado en el cerro Sapame, provincia de Illimo, el cual posee una torre de 33 metros. Este *site* se encuentra energizado y operando con otros enlaces. Se hicieron estudios de factibilidad de enlace (LOS) y el resultado fue positivo.

Con el nuevo nodo, ATC Sapame, se consideraron 2 enlaces:

- a) ITX Chiclayo – ATC Sapame, por donde pasa un mayor ancho de banda,
- b) ATC Sapame – JAYANCA, que brinda los servicios solicitados por el cliente.

A continuación, se detalla el estudio de perfil de enlace (LOS) entre los *sites*; luego, el estudio técnico en sitio (TSS) realizado en los 2 nodos y la sede de JAYANCA; y, finalmente, las recomendaciones pre-implementación. Los estudios en la torre de Telecomunicaciones se efectuaron conforme al documento técnico: P-PO-002: Estudio de Factibilidad en Torre [ANEXO A] de BMP CONSULTING S.A.C.

3.2.1. *Estudio de enlaces.*

3.2.1.1. Enlace punto a punto ITX Chiclayo – ATC Sapame.

Se realizó el estudio de Línea de Vista entre ambos *sites* y se recogieron todos los datos necesarios para analizar mediante *software*. Se escogió el

software PathLoss y se introdujeron los datos obtenidos en la visita de campo. La información relevante para el cálculo de enlace es la siguiente:

Site1: INTERNEXA CHICLAYO

- ✓ Latitud: S 06° 46' 52.16''
- ✓ Longitud: W 79° 52' 13.78''
- ✓ Elevación (msnm): 35.31
- ✓ Torre (m): 45
- ✓ Estructura: Autosoportada
- ✓ Altura-Torre disponible (m): 42
- ✓ Otras antenas: Sí
- ✓ Emisiones interferentes: Si
- ✓ Frecuencia de trabajo (GHz): 10.5

Site2: ATC SAPAME

- ✓ Latitud: S 06° 28' 45.22''
- ✓ Longitud: W 79° 49' 10.40''
- ✓ Elevación (msnm): 124.47
- ✓ Torre (m): 33
- ✓ Estructura: Autosoportada
- ✓ Altura-Torre disponible (m): 25
- ✓ Otras antenas: Sí
- ✓ Emisiones interferentes: No

En campo se observó que no hay ningún obstáculo (ni natural ni artificial) que pueda obstruir el enlace a futuro; no obstante, se diseñó el enlace con las alturas máximas permitidas: 42 m y 25 m. Mediante el *software PathLoss* se encontró que la distancia entre los nodos es 33.86 km, pero en el marco teórico (sección 2) se muestra la ecuación para la pérdida por espacio libre (FSL) tomada de Tomasi (2003) en función a la longitud de enlace en kilómetros (f) y la frecuencia de trabajo en gigahercios (f), la cual es:

$$L_{p(dB)} = 92.4 + 20 \log f_{(GHz)} + 20 \log D_{(km)}$$

Lo que implica que, a mayor frecuencia de trabajo, mayor pérdida. Por lo tanto, se usó la banda licenciada 7 GHz para cubrir los 33.86 km:

$$L_{p(dB)} = 32,4 + 20 \log 7000 + 20 \log 33.86 \text{ dB}$$

Resolviendo:

$$L_{p(dB)} \approx 139.89 \text{ dB}$$

Además de la pérdida por espacio libre (el medio) también se consideró las pérdidas por conectores, cable, atenuación, sensibilidad del receptor, etc.

En el proceso de diseño se consideró el uso de una antena de 1.2 m de diámetro por los requerimientos en tráfico y enlace. Se descarta el uso de una antena de 0.6 m pues otorga menos ganancia y una de 1.8 m requiere mayores recursos para su implementación (soporte para torre más grande, mayores recursos, mayor espacio en torre, entre otros).

La antena debe trabajar en la frecuencia de 7 GHz en polarización vertical. Se eligió la antena de 1.2 m de la marca COMMSCOPE ANDREW modelo HP4-71W (ver figura 3.3), la cual trabaja en las frecuencias de: 7.125 – 8.500 GHz. Este tipo de antenas otorgan una ganancia de 36.6 dBi. Se busca que el radioenlace soporte 32 Mbit/s (16E1), que posea alta modulación (256QAM) en clima favorable y sea adaptativo en climas adversos (ACM). La IDU elegida es de la marca AVIAT NETWORKS modelo *The Eclipse IDU GE3 16x* (ver figura 3.4) con capacidad de hasta 462 Mbit/s bajo ciertos requisitos.

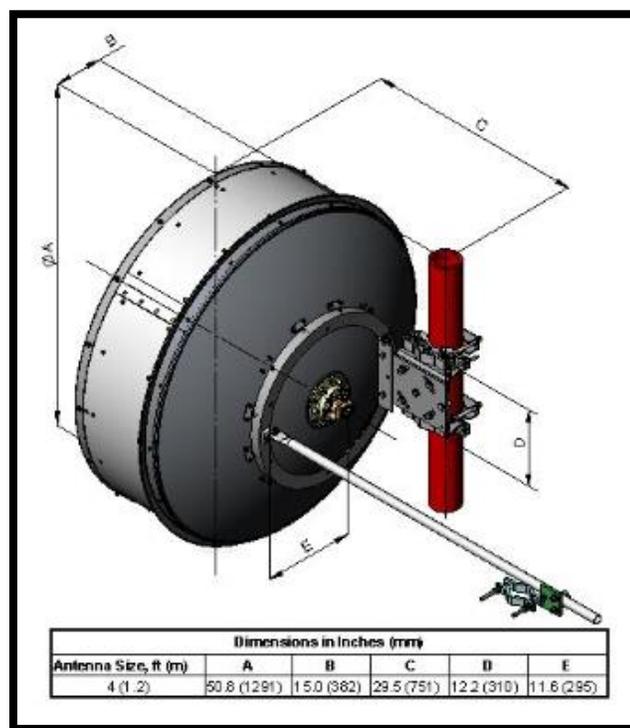


Figura 3.3. Antena HP4-71W usada en el enlace ITX Chiclayo – ATC Sapame.

	NODO INTERNEXA	NODO ATC SAPAME
Elevación (m)	35.31	124.47
Latitud	06 46 52.16 S	06 28 45.22 S
Longitud	079 52 13.78 W	079 49 10.40 W
Azimuth Verdadero (°)	9.58	189.57
Ángulo Vertical (°)	7.74e-03	-0.24
Modelo de Antena	VHP4-71	VHP4-71
Altura de Antena (m)	42.00	25.00
Ganancia de Antena (dBi)	36.40	36.40
Pérdida por Radome (dB)	0.00	0.00
Pérdidas TX (dB)	5.70	5.70
Pérdidas RX (dB)	5.70	5.70
Frecuencia (MHz)	7700.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	33.86	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	140.79	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.71	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	80.10	80.10
Modelo de Radio	PASOLINK+ 7G 33MB	PASOLINK+ 7G 33MB
Potencia de Transmisión (w)	0.40	0.40
Potencia de Transmisión (dBm)	26.00	26.00
PIRE (dBm)	56.70	56.70
TX Channels	7680.0000V	7526.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-81.50	-81.50
Señal Recibida (dBm)	-54.10	-54.10
Margen de Desv. - Térmico (dB)	27.40	27.40

Figura 3.5. Cálculo de enlace ITX Chiclayo – ATC Sapame.

Fuente: Elaborado con el Software *PathLoss*.

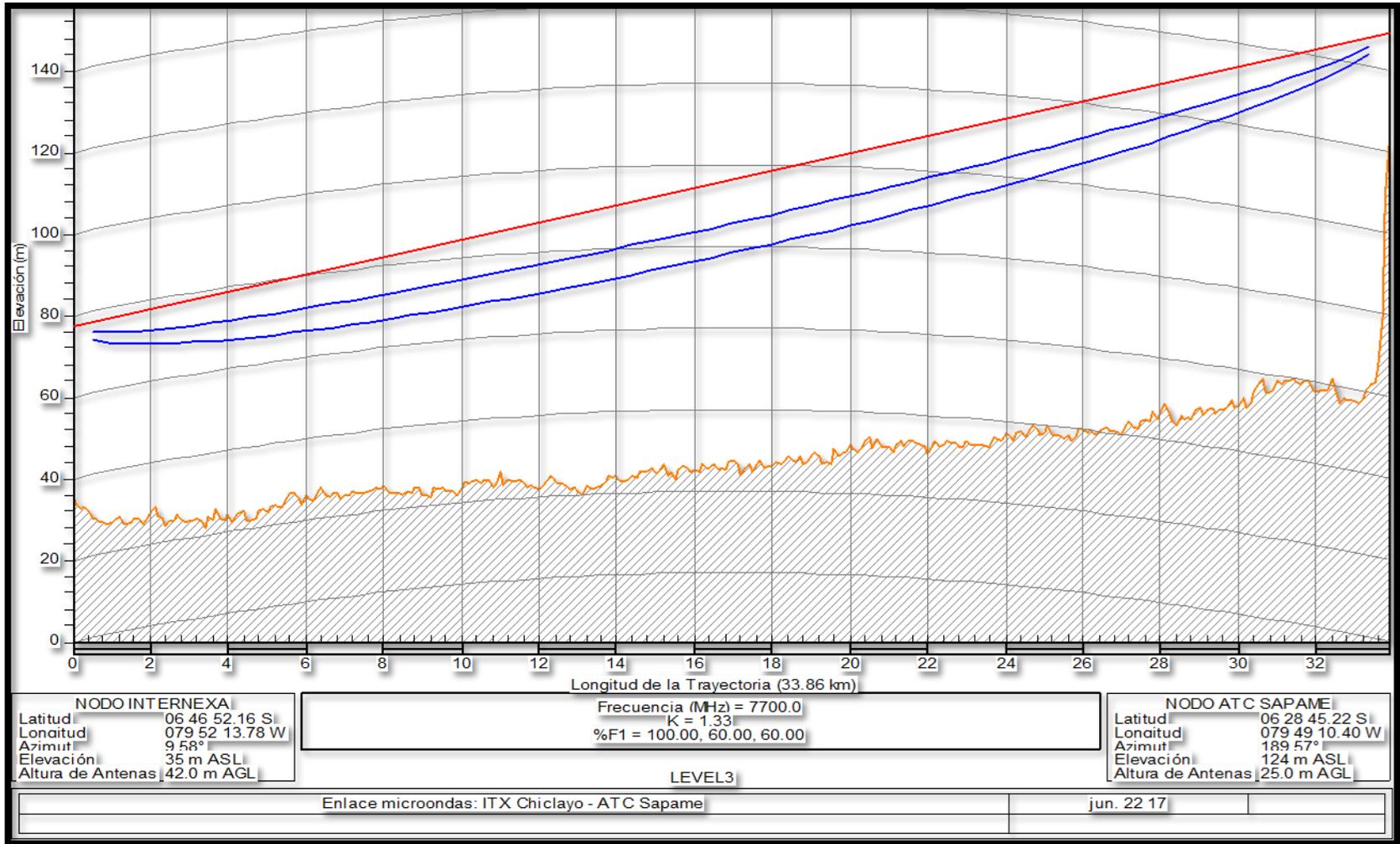


Figura 3.6. Perfil de enlace ITX Chiclayo – ATC Sapame.
 Fuente: Elaborado con el Software *PathLoss*.

3.2.1.2. Enlace punto a punto ATC Sapame – Jayanca

Tal como se realizó el análisis en la sección 3.1.1.1, entre los *sites* ATC Sapame y JAYANCA se validó la Línea de Vista con el estudio en campo y se recogieron todos los datos requeridos por el *software PathLoss* para el diseño de enlace. La información relevante para el cálculo de enlace es la siguiente:

Site1: ACT SAPAME

- ✓ Latitud: S 06° 28' 45.22''
- ✓ Longitud: W 79° 49' 10.49''
- ✓ Elevación (msnm): 124.20
- ✓ Torre (m): 33
- ✓ Estructura: Autosoportada
- ✓ Altura-Torre disponible (m): 25
- ✓ Otras antenas: Sí
- ✓ Emisiones interferentes: No

Site2: Sede JAYANCA

- ✓ Latitud: S 06° 20' 04.71''
- ✓ Longitud: W 79° 45' 52.16''
- ✓ Elevación (msnm): 78.26
- ✓ Torre (m): 30
- ✓ Estructura: Ventada

- ✓ Altura-Torre disponible (m): 30
- ✓ Otras antenas: Sí
- ✓ Emisiones interferentes: No

En campo se observó que no hay ningún obstáculo (ni natural ni artificial) que pueda obstruir el enlace a futuro; no obstante, no se usan las alturas máximas permitidas puesto que se está proyectando nuevos enlaces nodo ATC Sapame y en el lado cliente se observó la inestabilidad de la mitad superior de la torre por los fuertes vientos en la zona. Por ello se diseñó una altura de 15 m en el nodo ATC Sapame y 12 m en la torre de JAYANCA. Mediante el *software PathLoss* se encontró que la distancia entre los nodos es 17.11 km. Nuevamente, en el marco teórico (sección 2) se muestra la ecuación para la pérdida por espacio libre (FSL) tomada de Tomasi (2003) en función a la longitud de enlace en kilómetros (f) y la frecuencia de trabajo en gigahercios (f), la cual es:

$$L_{p(dB)} = 92.4 + 20 \log f_{(GHz)} + 20 \log D_{(km)}$$

Debido a que la distancia es menor a 20 km, se trabajará con una frecuencia superior al anterior enlace. La frecuencia elegida es 10.5 GHz, que también se tiene licenciada:

$$L_{p(dB)} = 92,4 + 20 \log 10.5 + 20 \log 17.11 \text{ dB}$$

Resolviendo:

$$L_{p(dB)} \approx 137.49 \text{ dB}$$

Se observa que la pérdida por espacio libre (el medio) es similar al anterior enlace, por lo que se aprueban estas condiciones. En el cálculo con el *software*, además de la pérdida por el medio, también se consideró las pérdidas por conectores, cable, atenuación, sensibilidad del receptor, etc.

Debido a las características de nuestro enlace, y minimizando costos de implementación, se optó una antena de 0.6 m de diámetro ya que el requerimiento actual por el cliente es de 8 Mbit/s.

Se eligió la antena de 0.6 m de la marca COMMSCOPE ValuLine modelo VHLP2-11W/A (ver figura 3.7), la cual trabaja en las frecuencias de: 10.0 – 11.700 GHz. Este tipo de antenas otorgan una ganancia de 34.5 dBi.

Respecto a la IDU, se opta por la marca CERAGON NETWORKS modelo FibeAir IP-10, la cual posee alta modulación (256QAM) en clima favorable y es adaptativa en climas adversos (ACM). La IDU Ceragon se observa en la figura 3.8.



Figura 3.7. Antena VHLP2-11W/A usada en el enlace ATC – Jayanca.



Figura 3.8. IDU FibeAir IP-10 usada en el enlace ATC – Jayanca.

Las características del equipamiento (IDU, la antena, cable, conectores) así como la condiciones para el enlace (clima, frecuencia, coordenadas, torre de comunicación) se ingresaron al Software de Simulación *PathLoss* como se observa en la figura 3.9.

El cálculo por *software (PathLoss)* da por factible nuestro enlace. Los valores de implementación válidos para nuestro diseño, según se puede observar en el reporte del *PathLoss*, deben ser:

- ✓ TX Power: 22.00 dBm
- ✓ RX signal: -53.25 dBm
- ✓ Fade Margin: 16.75 dB

Además, el *PathLoss* también grafica el enlace físico sobre el terreno (perfil). Como se observa en la figura 3.10, el enlace está libre de obstáculo cuando se consideran que la antena se instala a 15 m en la torre del nodo ATC Sapame y a 12 m en la torre del cliente JAYANCA. Ni la primera ni la 2da Zona de Fresnel están siendo perturbadas.

	NODO ATC SAPAME	MISTICORP JAYANCA
Elevación (m)	124.20	78.26
Latitud	06 28 45.22 S	06 20 04.71 S
Longitud	079 49 10.49 W	079 45 52.16 W
Azimuth Verdadero (°)	20.87	200.86
Ángulo Vertical (°)	-0.22	0.11
Modelo de Antena	P-105A24D(*)	P-105A24D(*)
Altura de Antena (m)	15.00	12.00
Ganancia de Antena (dBi)	34.50	34.50
Pérdida por Radome (dB)	0.00	0.00
Pérdidas TX (dB)	3.45	3.10
Pérdidas RX (dB)	3.45	3.10
Frecuencia (MHz)	10000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	17.11	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	137.13	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.56	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	75.25	75.25
Modelo de Radio	10G_HP_128Q_28M_STM1	10G_HP_128Q_28M_STM1
Potencia de Transmisión (w)	0.16	0.16
Potencia de Transmisión (dBm)	22.00	22.00
PIRE (dBm)	53.05	53.40
Designador de Emisor	28M0D7W	28M0D7W
TX Channels	10565.2500V	10215.2500V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-70.00	-70.00
Señal Recibida (dBm)	-53.25	-53.25
Margen de Desv. - Térmico (dB)	16.75	16.75

Figura 3.9. Cálculo de enlace ATC Sapame – JAYANCA.

Fuente: Elaborado con el Software PathLoss.

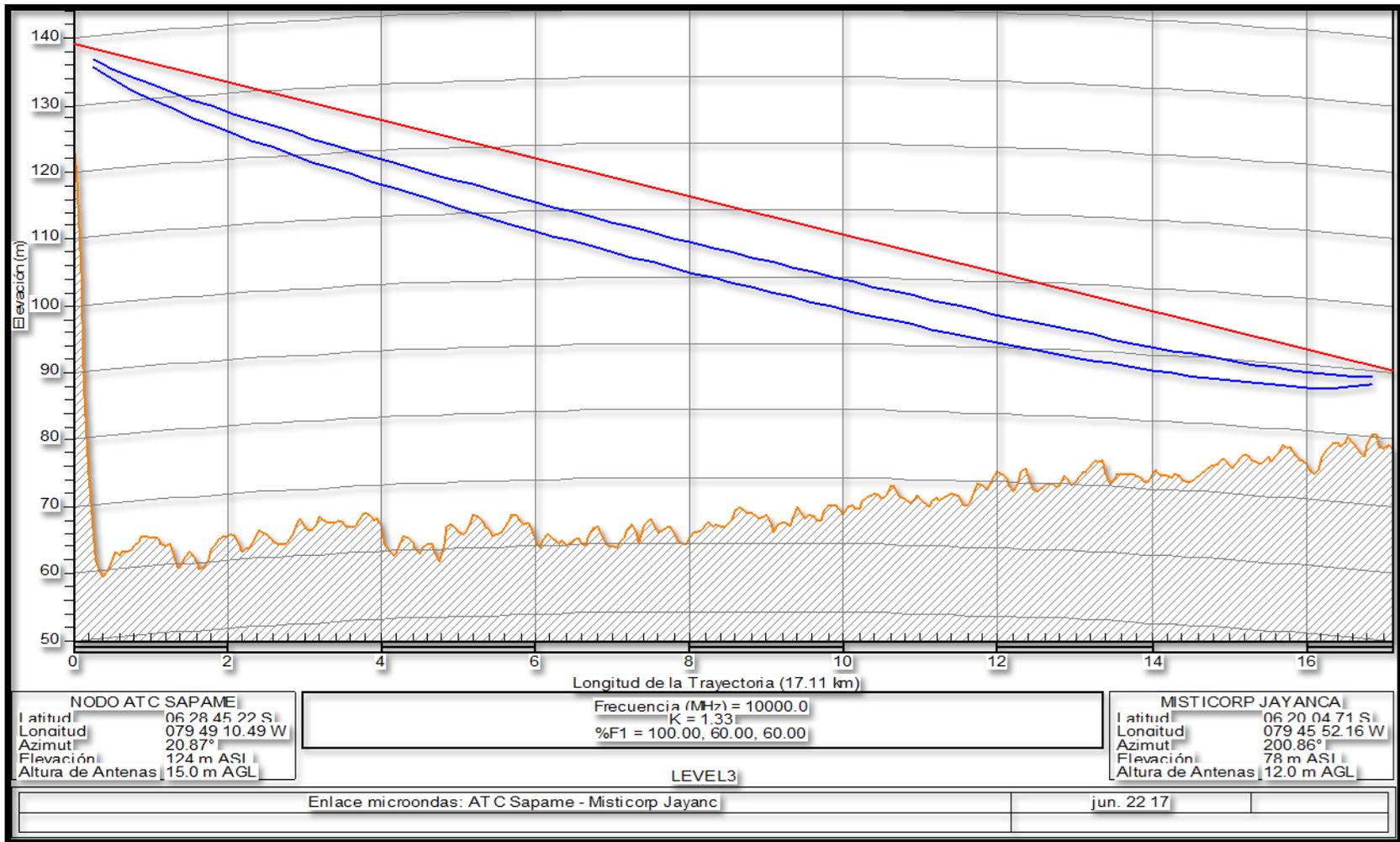


Figura 3.10. Perfil de enlace ATC Sapame – JAYANCA.

Fuente: Elaborado con el Software PathLoss

3.2.2. *Technical Site Survey (TSS)*

3.2.2.1. *TSS site ITX Chiclayo (nodo)*

Se efectuó la visita al *site* ITX Chiclayo, propiedad de INTERNEXA. Como se observa en la figura 3.11, la torre mide 45 m, y es del tipo Autosoportada. En esta se encuentran varios enlaces de radio.



Figura 3.11. Torre de 45 m propiedad de INTERNEXA.

La mayoría de antenas se encuentran ubicadas en los primeros metros (contando desde la parte alta de la torre). La instalación de nuestra antena a una altura de 42 m, requeriría 60 m de cableado hasta el cuarto de comunicaciones (*Data*).

Como se muestra en la imagen de abajo (figura 3.12), desde el pie de la torre el cableado pasa por unas escalerillas hasta ingresar al cuarto de comunicaciones.



Figura 3.12. Cableado que ingresa al cuarto de comunicaciones.

Al ingresar al *Data*, se observó que en el gabinete de comunicaciones estaba instalada la IDU Aviat que enlazaba el Nodo ITX Chiclayo con MOTUPE y que aún estaba con servicio, como se observa en la figura 3.13.

Como se verá más adelante, esta IDU Aviat se quedó instalada, pero para el enlace ITX Chiclayo – ATC Sapame. El enlace ITX Chiclayo –MOTUPE se dio de baja a solicitud del cliente (cierre de operaciones). La IDU Ceragon que está debajo continúa brindando servicio a un cliente local.

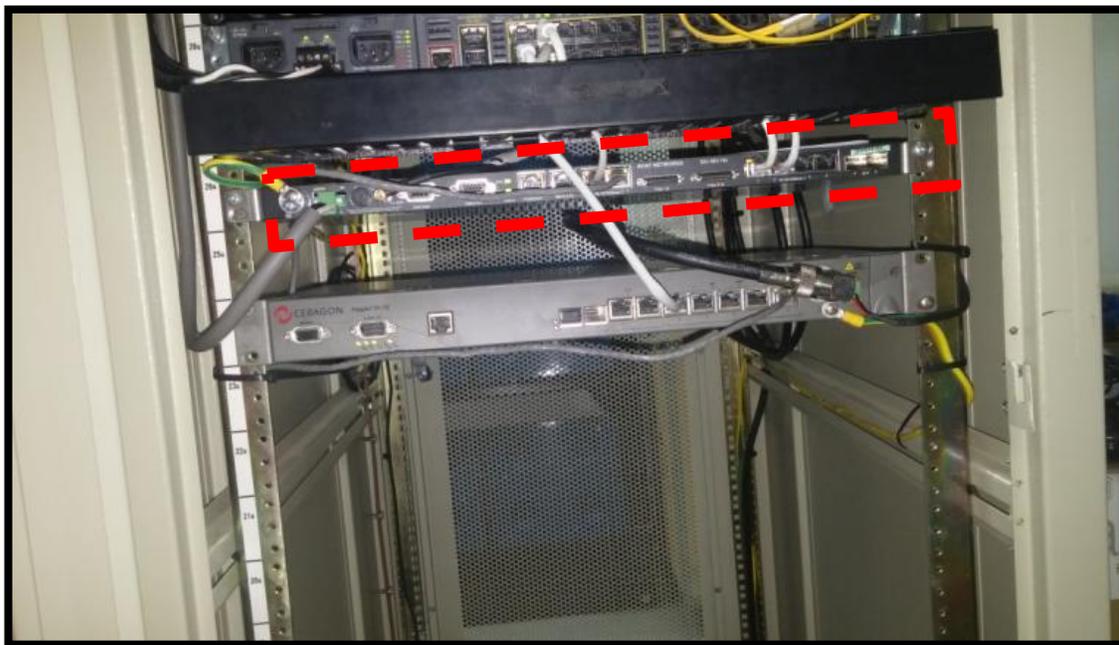


Figura 3.13. Gabinete de comunicaciones con equipos en funcionamiento.

Se realizó la medición de la energía del gabinete, y se encontró que el voltaje en los *breakers* Eléctricos era la misma e igual a -49.87 V.

Por último, se subió a la torre a una altura de 15 m y se ubicó el nodo ATC Sapame, el cual está a 9.58° en dirección Este (tomando el Norte como referencia); no se observó ningún obstáculo en la línea de vista hacia el cerro Sapame que se muestra encerrado en círculo rojo, y que se aprecia en la figura 3.14. Por lo tanto, se asegura que a una altura de 42 m el enlace es totalmente

factible. En la imagen también podemos observar el cerro Sapame, el cual está encerrado con círculo rojo.



Figura 3.14. Línea de vista hacia el cerro Sapame (nodo de ATC).

3.2.2.2. TSS site ATC Sapame (nodo)

Se efectuó la visita al nuevo *site* ATC Sapame, propiedad de American Tower Perú. Como se observa en la figura 3.15, la torre mide 33 m, y es del tipo Autosoportada. Tal como se aprecia en la imagen, en el último anillo se encuentra un arreglo de antenas sectoriales para comunicación celular.



Figura 3.15. Torre Autosoportada en ATC Sapame.

En este nodo se instalaron 2 enlaces,

- ✓ hacia ITX Chiclayo: se ubicó la antena a 25 m, y
- ✓ hacia JAYANCA: se ubicó la antena a 15 m.

Para esto se requirió 45 m y 35 m de cableado respectivamente hasta el cuarto de comunicaciones (*Data*).

El nodo ATC Sapame es un nuevo nodo, por lo que no se encontró nada más que la ubicación destinada a nuestro gabinete de comunicaciones y, al lado, el respectivo tablero de energía tal como se aprecia en figura 3.16.



Figura 3.16. Ubicación del nuevo gabinete y tablero de energía.

Finalmente, a una altura de 15 m se verificó que existe LOS hacia ambos puntos, JAYANCA e ITX Chiclayo. Debido a la distancia, es muy difícil ver con claridad el *site* remoto; por lo tanto, nos apoyamos en la orientación que indicó el software cuando se ingresó las coordenadas del sitio y su remota. El *site* JAYANCA está a 20.87° hacia el Este (con el Norte de referencia) y se muestra en la figura 3.17. Como se observa, no existe obstáculo hacia el cliente en Jayanca, que se muestra encerrado en círculo rojo en la figura. Se

observa debido a que el nodo está en una zona alta y el área bajo la línea de vista es de cultivo.



Figura 3.17. Línea de vista (LOS) hacia JAYANCA.

De forma similar se procede con el *site* ITX Chiclayo. El *PathLoss* muestra que la estación remota está a 9.57° hacia el Oeste (con el Sur de referencia) y se muestra en la figura 3.18. Como se observa, aquí tampoco existe obstáculo en la línea de vista hacia el nodo ITX Chiclayo, que se muestra encerrado en un círculo rojo en la figura, debido a que el nodo está en una zona alta y el área bajo la línea de vista es de cultivo.



Figura 3.18. Línea de vista (LOS) hacia ITX Chiclayo.

3.2.2.3. TSS site JAYANCA (cliente)

Se efectuó la visita al *site* del cliente en JAYANCA, planta de cultivo del cliente. Como se observa en la figura 3.19, la torre mide 30 m, y es del tipo Ventada. Se observa también que en la torre están instaladas 2 antenas tipo panel de corto alcance propiedad del cliente, así como una antena parabólica al pie de la torre para comunicación satelital.

Se propuso ubicar nuestra antena a una altura de 12 m, para lo cual se requirió 45 m de cableado hasta el cuarto de comunicaciones (*Data*). Además, entre la torre y la sala de comunicaciones del cliente hay una pista que constantemente está siendo ocupada por vehículos. Por lo tanto, se indicó que el cableado se haría bajo tierra con una ductería especial.



Figura 3.19. Torre ventada en JAYANCA.



Figura 3.20. Recorrido del cableado en el Data Center del cliente.

El recorrido final del cableado se haría a través de las bandejas metálicas aéreas dentro de la sala de comunicaciones, tal como se ve en la figura 3.20, hasta llegar al gabinete.

El gabinete de comunicaciones del cliente tiene 7 UR's disponibles para la instalación de nuestros equipos internos y cuenta con UPS tal como se observa en la figura 3.21. El UPS se alimenta de la toma eléctrica del gabinete y los equipos de comunicaciones se alimentarán del UPS tal como es el estándar de la empresa proveedora de servicios. Las medidas encontradas son:

✓ $L - N = 218.0 V$

✓ $L - T = 219.4 V$

✓ $L - N = 123.8 V$



Figura 3.21. Gabinete de comunicaciones de JAYANCA.

Se conversó con el cliente para que realice el mantenimiento a su SPAT, pues el voltaje en Neutro – Tierra permitido por estándar es < 2.0 voltios.

Por último, se valida la línea de vista hacia el nodo ATC Sapame. Mediante *software* se encontró que la estación remota está a 20.86° hacia el Oeste (con el Sur de referencia). Se sube a la torre y, a una altura de 12 m, se hace la toma que se muestra en la figura 3.22.



Figura 3.22. Línea de vista (LOS) hacia ATC Sapame.

3.2.3. *Implementación de los radioenlaces*

Con los resultados obtenidos durante el estudio de campo y los TSS, analizados en las secciones 3.2.1 y 3.2.2, se elabora la Ingeniería con la que se implementarán los enlaces. En esta se plasman los parámetros definidos durante la etapa de diseño: Frecuencia de Tx/Rx, Potencia de Tx/Rx, direccionamiento IP, tipo de ODU, polaridad, altura de la antena, etc. Primero se implementará el enlace ITX Chiclayo – ATC Sapame con las antenas Aviat, y luego el enlace ATC Sapame – JAYANCA con las antenas Ceragon. La instalación de los enlaces en la torre de Telecomunicaciones se efectuó conforme al documento técnico P-OPE-008: Instalación de Antena en Torre [ANEXO B] de BMP CONSULTING S.A.C.

3.2.3.1. *Instalación del enlace ITX Chiclayo – ATC Sapame*

Para realizar las instalaciones en ambos *sites* se debe cumplir previamente una serie de requisitos en materia de seguridad, además de lo solicitado por la empresa dueña de cada uno de los nodos. Esto incluye el llenado de AST, PETAR, validación del IPERC, registro y estado de herramientas y EPP's, etc.

Aunque es parte del procedimiento habitual para realizar trabajos en los nodos, no será materia de análisis en el presente Proyecto de Ingeniería. El enfoque se dará exclusivamente hacia la implementación y enlace con la estación remota.

3.2.3.1.1. Instalación en el site ATC Sapame

La implementación del enlace comenzó con la instalación del soporte especial para torre para antenas de 1.2 m. Luego, se armó la antena a nivel de suelo y luego se izó hasta una altura de 25 m como se definió en el TSS. En la Ingeniería, figura 3.23, se encuentra información relevante para la instalación, tales como la Freq. Tx = 7526 MHz, Freq. Rx = 7680 MHz, Pol. en vertical y Pot. Tx = 26 dBm, las cuales se configuraron en la IDU, que luego se instaló en el *Data*.

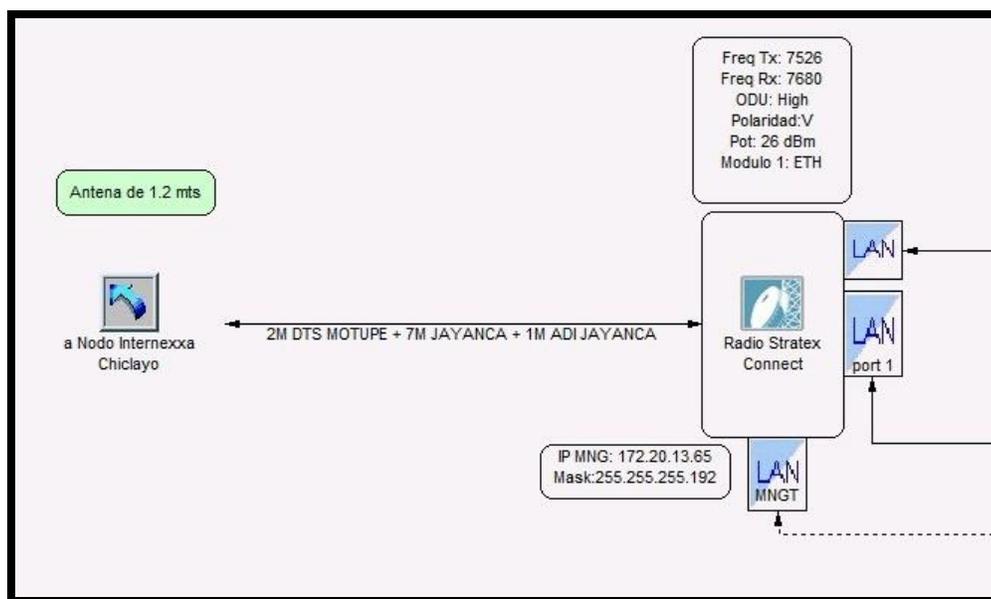


Figura 3.23. Ingeniería del site ATC Sapame (hacia ITX Chiclayo).

Para llevar la antena hasta los 25 metros solicitados, se hizo uso de una soga grande (80 m) y gruesa, además del grupo de poleas, con las cuales se hace más fácil llevar la antena hasta dicha altura. A continuación, se ajustó la antena a su soporte especial orientándola hacia la estación remota y se procedió a instalar la ODU 600 con su guía de

onda polarizada en Vertical. La antena se dejó instalada en la torre con su etiqueta, tal como se muestra en las figuras 3.24 y 3.25; mientras tanto, se realizó el cableado en la torre y hacia la sala de equipos de comunicación.



Figura 3.24. Antena instalada y orientada hacia ITX Chiclayo.

Primero se instaló una parte de los 60 m de cable IF (RG8) en la torre, dejando una punta hacia la ODU 600; también se procedió (de forma similar) con los 22 m de cable verde-amarillo.

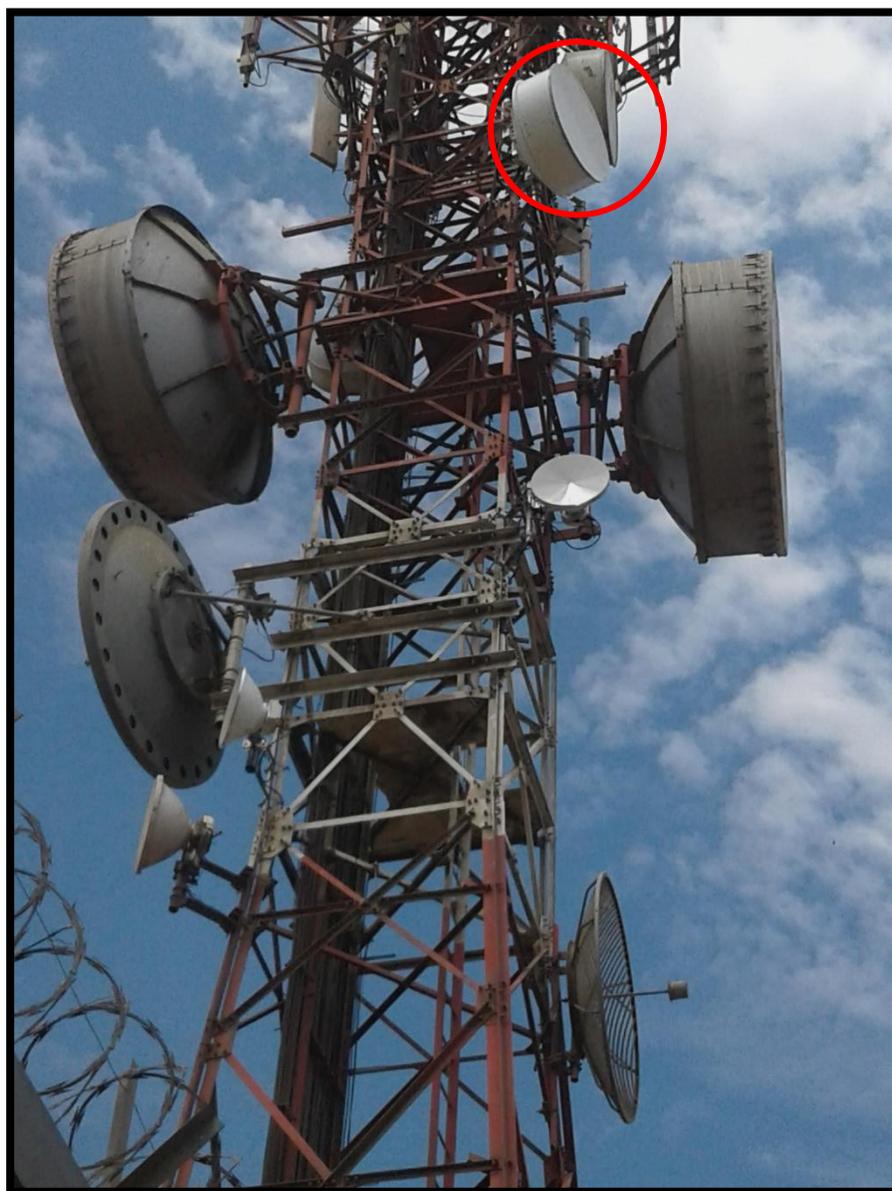


Figura 3.25. Antena instalada en la torre de ATC Sapame.

Se hizo el conectorizado en ambas puntas (conector *N-male* y terminal de ojo respectivamente). Se protegió con un poco de cinta vulcanizante, pero no se aseguró ni colocó la silicona de protección en ese momento, sino hasta que el enlace fue afinado.

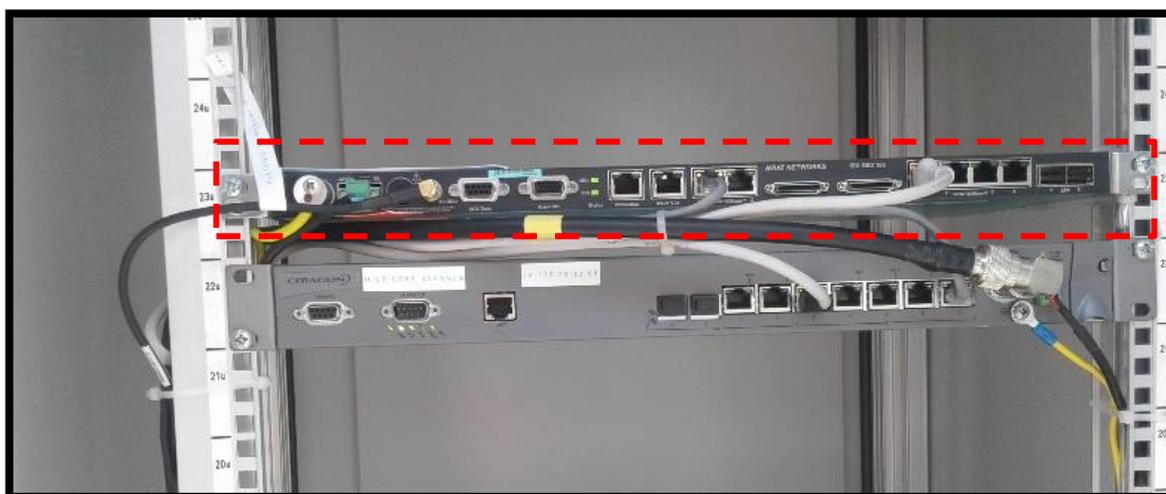


Figura 3.26. Instalación de la IDU en gabinete de ATC Sapame.

Se finalizó el cableado hacia el *Data* a través de las ducterías tal como se indicó durante el TSS. A continuación, se instaló la IDU The Eclipse GE3 16x en el rack de comunicaciones, y se realizó el conectorizado al cable de datos y de tierra. En la figura 3.26 se observa la IDU instalada, aterrada y energizada. En paralelo, en el nodo ITX Chiclayo se realizó el mismo procedimiento, por lo que ya quedó listo todo para el apuntamiento. Debido a la distancia entre los *sites*, el apuntamiento microondas demoró alrededor de 1 hora hasta encontrar buenos valores en *Rx* y *Fade Margin*.

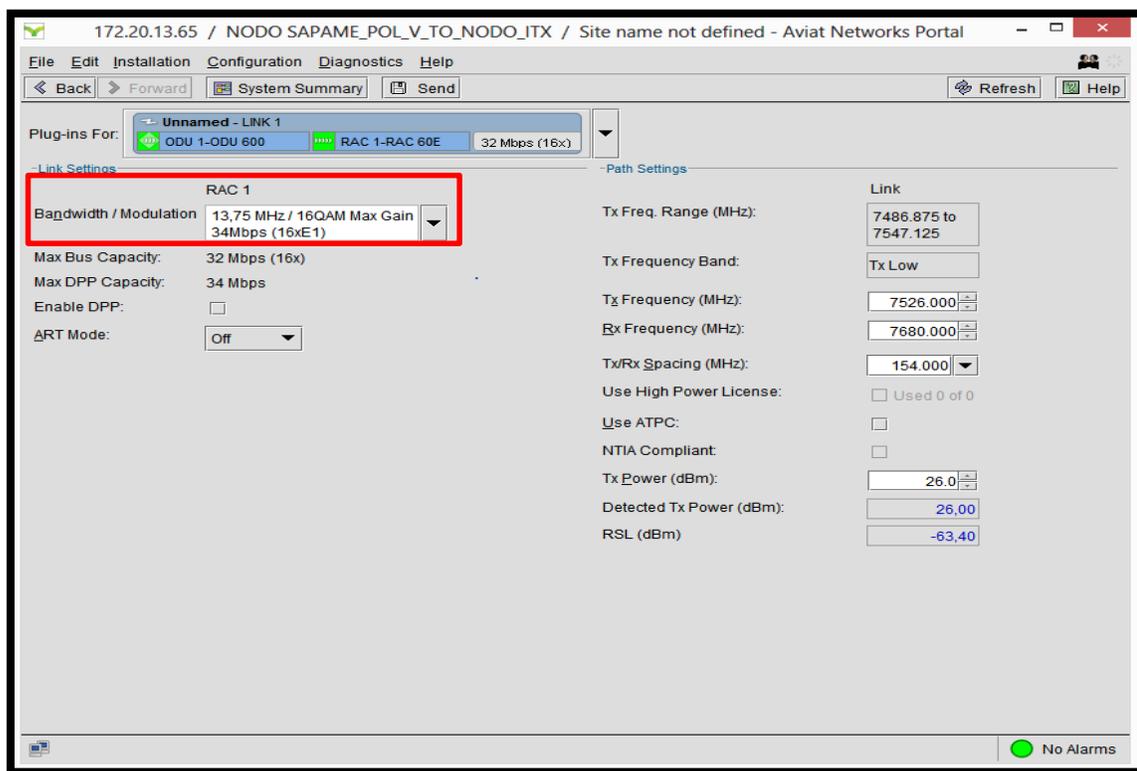


Figura 3.27. Primer screenshot de la IDU Aviat: Modulación.

Una vez que obtuvimos buenos valores de apuntamiento, se procedió a sacar los *Screenshots* de los estados del radio y valores de enlace para validar. Estos *Screenshots* corresponden con las figuras 3.27, 3.28 y 3.29. La información que extraemos de estas capturas de pantalla es:

- ✓ Se afinó con una modulación de 16QAM lo que implica que no se tuvo problemas en el afinamiento, pues no fue necesario bajarle la modulación para enlazar.

- ✓ El enlace quedó estable con **-63.40 dB** de RSL y **25 dB** de *Remote Fade Margin*.
- ✓ El enlace no presenta alarmas, ni a nivel de IDU ni a nivel de ODU.

The screenshot displays the Aviat Networks Portal interface. The main content area shows performance metrics for 'Unnamed - LINK 1'. A red box highlights the following data:

Item	Link
Status	
RSL (dBm)	-62,80
Remote RSL (dBm)	-60,60
Remote Fade Margin (dB)	25,00
Detected Tx Power (dBm)	25,90
ODU Temperature (Celsius)	37,70
-48V ODU Supply (Volt)	-53,10
SNR (dB)	27,50
Remote SNR (dB)	19,40
Current BER Reading	0,00E0

Below this table, there is another table for G.826 metrics, which is currently empty. The interface includes navigation buttons (Back, Forward, System Summary, Send), a Refresh button, and a Help button. The top of the window shows the URL '172.20.13.65 / NODO SAPAME_POL_V_TO_NODO_ITX / Site name not defined - Aviat Networks Portal' and a menu with options like File, Edit, Installation, Configuration, Diagnostics, and Help.

Figura 3.28. Segundo screenshot de la IDU Aviat: Enlace.

The screenshot displays the Aviat Networks Portal interface for a node named 'NODO SAPAME_POL_V_TO_NODO_ITX'. The browser address bar shows the IP address 172.20.13.65. The navigation menu includes 'File', 'Edit', 'Installation', 'Configuration', 'Diagnostics', and 'Help'. The main content area is divided into several sections:

- System Functions:**
 - Unnamed - LINK 1:** Shows ODU 600, RAC 60E, and RAC 1 with a speed of 32 Mbps (16x).
 - Unnamed - DATA 2:** Shows DAC 16xE1/DS1 v2 and DAC 2, with a note: 'Requires a Software License Key for TDM Ports.'
 - Unnamed - DATA 3:** Shows DAC GE3 and DAC 3, with 0 Mbps for C1 and C2.
 - Unnamed - AUX 4:** Shows AUX and AUX 4.
 - NODO SAPAME_POL_V_TO_NODO_ITX - TERMINAL:** Shows IDU GE3 16x, NCC, and FAN.
- Replaceable Units:** Shows a single IDU unit.
- Suggestions:** A table with columns 'Component', 'Problem', and 'Suggestion'. The message 'This table is empty.' is displayed.

At the bottom right, a green indicator shows 'No Alarms'.

Figura 3.29. Tercer screenshot de la IDU Aviat: Sin Alarmas.

3.2.3.1.2. Instalación en el site ITX Chiclayo

En forma paralela y con un procedimiento similar al trabajado en ATC Sapame, se dio comienzo a la implementación del enlace con la instalación del soporte especial para torre para antenas de 1.2 m. La antena (y sus accesorios) se armó y luego se izó hasta unos 42 m. Tal como está indicado en la ingeniería, figura 3.30, se usaron los parámetros tales como: Freq. Rx = 7526 MHz, Freq. Tx = 7680 MHz, la polarización en Vertical y potencia de transmisión de 26 dBm, las cuales se configuraron en la IDU.

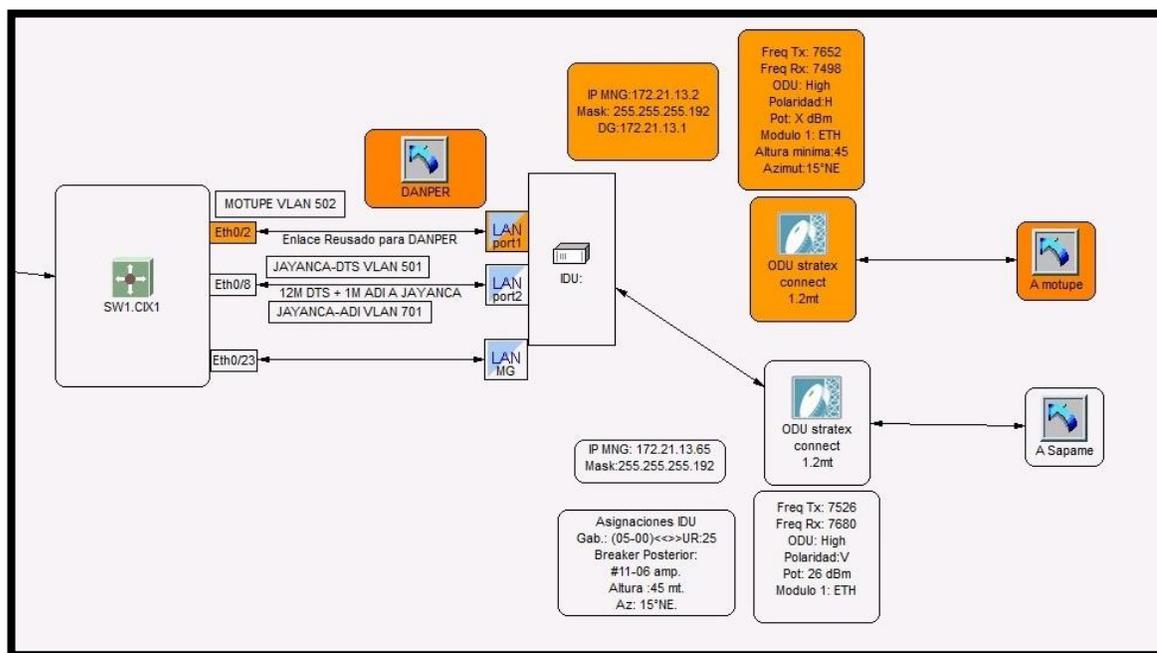


Figura 3.30. Ingeniería del site ITX Chiclayo (hacia ATC Sapame).

En la figura 3.30 también se observa el anterior enlace hacia MOTUPE, representado en bloques anaranjados. Se mantiene dentro del

a ingeniería puesto que el equipamiento, aunque ha sido dado de baja por el cliente, aún no se retira de los *sites*.



Figura 3.31. Antena instalada y orientada hacia ATC Sapame.

Para llevar la antena hasta los 42 metros solicitados, se hizo uso de una soga grande (120 m), además del grupo de poleas, con las que se hace más fácil llevar la antena hasta dicha altura. A continuación, se ajustó la antena a su soporte especial orientándola hacia la estación remota y se procedió a instalar la ODU 600 con su guía de onda polarizada en Vertical. La antena se dejó instalada en la torre con su etiqueta, tal como se muestra en las figuras 3.31 y 3.32; mientras tanto, se realizó el cableado en la torre y hacia la sala de equipos de comunicación.



Figura 3.32. Antena instalada en la torre de ITX Chiclayo.

Primero se instaló una parte de los 60 m de cable IF (RG8) en la torre, dejando una punta hacia la ODU 600; también se procedió (de forma similar) con los 39 m de cable verde-amarillo. Se hizo el conectorizado en ambas puntas (conector N-male y terminal de ojo, respectivamente). Se protegió con un poco de cinta vulcanizante, pero no se aseguró ni colocó la silicona de protección en ese momento, sino hasta que el enlace fue afinado.

Se finalizó el cableado hacia el *Data* a través de las ducterías tal como se indicó durante el TSS. A continuación, se instaló la IDU *The Eclipse GE3 16x* en el rack de comunicaciones, y se realizó el conectorizado al cable de datos y de tierra. En la figura 3.33 se observa la IDU instalada, aterrada y energizada.

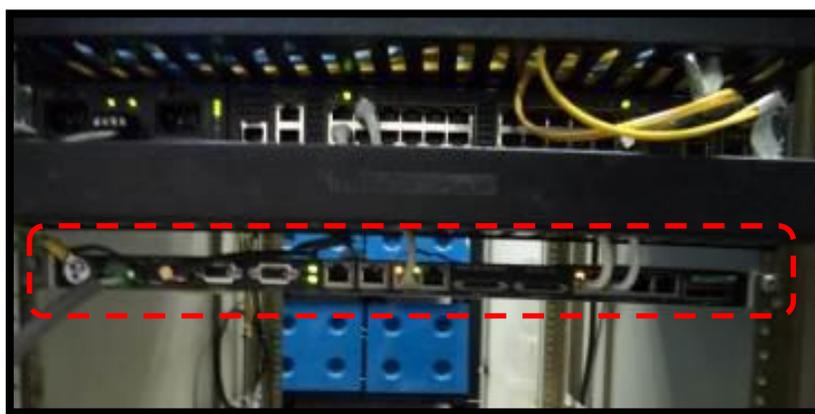


Figura 3.33. Instalación de la IDU en gabinete.

En paralelo, en el nodo ATC Sapame se realizó el mismo procedimiento, por lo que ya quedó listo todo para el apuntamiento. Debido a la distancia entre los *sites*, el apuntamiento microondas demoró alrededor de 1 hora hasta encontrar buenos valores en *Rx* y *Fade Margin*.

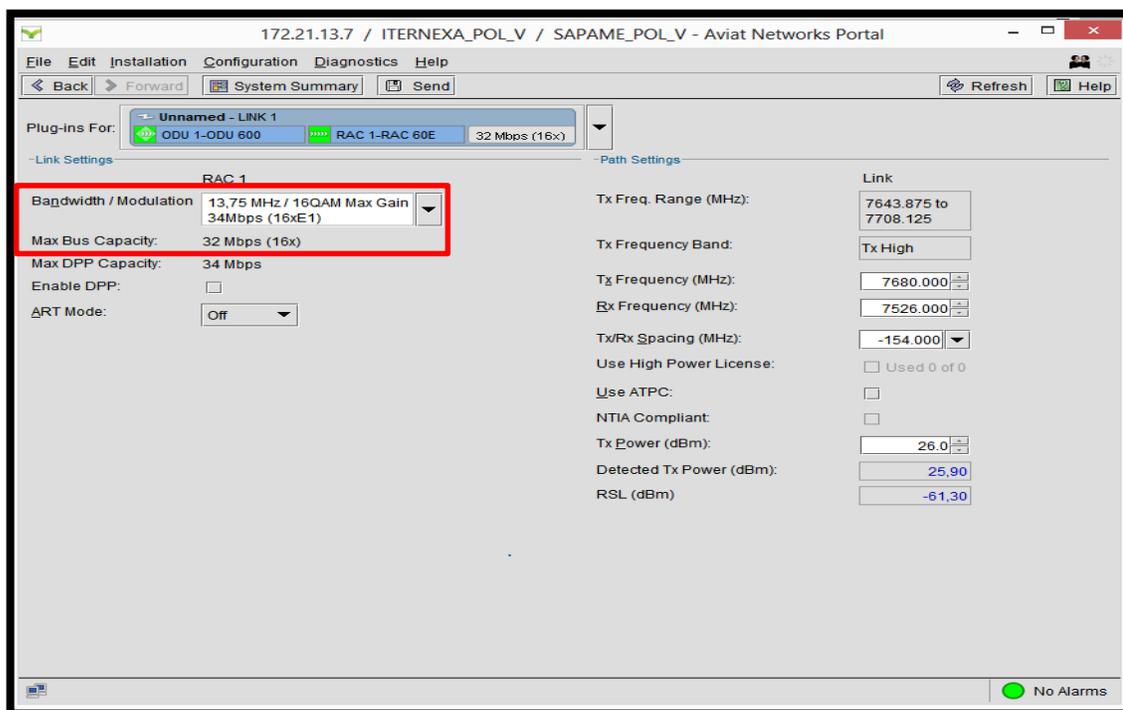


Figura 3.34. Primer screenshot de la IDU Aviat: Modulación.

Una vez que obtuvimos buenos valores de apuntamiento, se procedió a sacar *Screenshots* de los estados del radio y valores de enlace para validar. Estos *Screenshots* corresponden con las figuras 3.34, 3.35 y 3.36. La información que extraemos de estas capturas de pantalla es:

- ✓ Se afinó con una modulación de 16QAM lo que implica que no se tuvo problemas en el afinamiento, pues no fue necesario bajarle la modulación para enlazar.
- ✓ El enlace quedó estable con **-60.60 dB** de RSL y **22.70 dB** de *Remote Fade Margin*.

- ✓ El enlace no presenta alarmas, ni a nivel de IDU ni a nivel de ODU.

Performance For: Unnamed - LINK 1
ODU 1-ODU 600 RAC 1-RAC 60E 32 Mbps (16x)

Item	Link
Status	
RSL (dBm)	-60,60
Remote RSL (dBm)	-62,90
Remote Fade Margin (dB)	22,70
Detected Tx Power (dBm)	25,90
ODU Temperature (Celsius)	29,90
-48V ODU Supply (Volt)	-53,30
SNR (dB)	19,20
Remote SNR (dB)	28,80
Current BER Reading	0,00E0

Item	Link
G.826	
Elapsed Seconds	
Available Seconds (AS)	
Unavailable Seconds (US)	
Errored Seconds (ES)	
Errored Seconds Ratio (ESR)	
Severely Errored Seconds (SES)	
Severely Errored Seconds Ratio (SESR)	
Errored Blocks	
Background Block Errors	
Frame Loss Seconds	

Start
Stop
Clear

Customize... Export...

No Alarms

Figura 3.35. Segundo screenshot de la IDU Aviat: Enlace.

172.21.13.7 / ITERNEXA_POL_V / SAPAME_POL_V - Aviat Networks Portal

File Edit Installation Configuration Diagnostics Help

Back Forward System Summary Send Refresh Help

System Functions

Unnamed - LINK 1

ODU 600 RAC 60E 32 Mbps (16x)

ODU 1 RAC 1

Unnamed - DATA 2

DAC 16xE1/DS1 v2
Requires a Software License Key for TDM Ports.

DAC 2

Unnamed - DATA 3

0 Mbps - C1 DAC GE3
0 Mbps - C2 DAC 3

Unnamed - AUX 4

AUX
AUX 4

ITERNEXA_POL_V - TERMINAL

IDU GE3 16x FAN
NCC FAN

Replaceable Units

DU

Suggestions

Component	Problem	Suggestion
This table is empty.		

No Alarms

Figura 3.36. Tercer screenshot de la IDU Aviat: Sin Alarmas.

3.2.3.2. Instalación del enlace ATC Sapame – JAYANCA

3.2.3.2.1. Instalación en el site JAYANCA

El enlace de ITX Chiclayo – ATC Sapame se implementó con antenas de 1.2 m; no obstante, para este enlace se empleó antenas de 0.6 m. Primero se armó la antena con sus accesorios metálicos y se enganchó con su soporte para torre ventada para antenas de 0.6 m. Se prepara la antena para subirla junto con la RFU-C LOW 10.5 GHz (ODU). Según el estudio de TSS, la antena se colocó a una altura de 12 m; para esto, el personal usó poleas y una soga con la que hacer viento para facilitar el izaje.

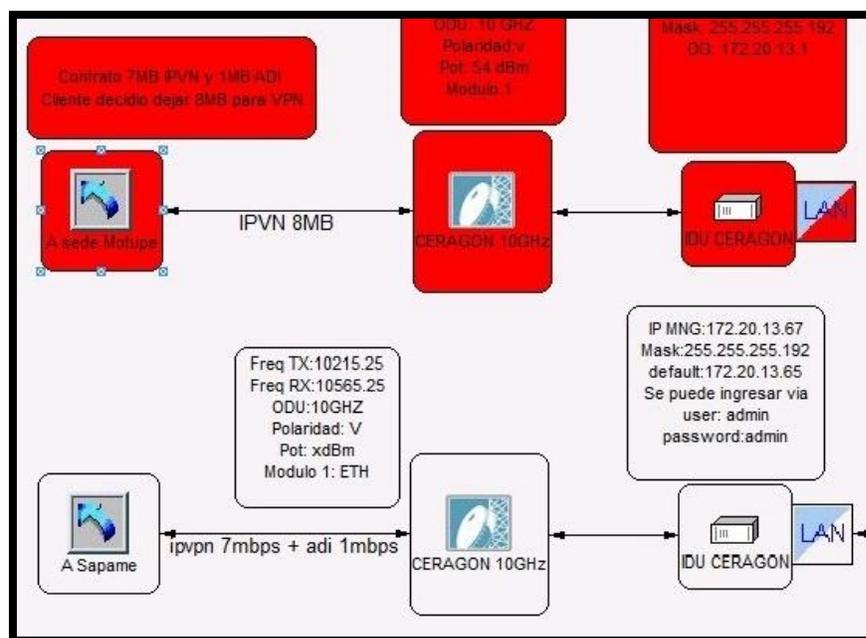


Figura 3.37. Ingeniería del site JAYANCA (hacia ATC Sapame).

En la Ingeniería, figura 3.37, se encuentra información relevante para la instalación, tales como la Freq. Tx = 10215.25 MHz, Freq. Rx = 10565.25 MHz, Pol. en Vertical y Pot. Tx = 22 dBm, las cuales se configuraron en la IDU, que luego se instaló en el *Data*. También se observa el anterior enlace hacia MOTUPE, representado en bloques de color rojo. Se mantiene dentro del a ingeniería puesto que el equipamiento, aunque ha sido dado de baja por el cliente, aún no se retira de los *sites*.



Figura 3.38. Antena instalada y orientada hacia ATC Sapame.

La antena se dejó instalada en la torre, tal como se muestra en las figuras 3.38 y 3.39; mientras tanto, se realizó el cableado en la torre y hacia la sala de equipos de comunicación. Primero se instaló una parte

de los 45 m de cable IF (RG8) en la torre, dejando una punta hacia la ODU; también se procedió (de forma similar) con los 45 m de cable verde-amarillo (para aterramiento).

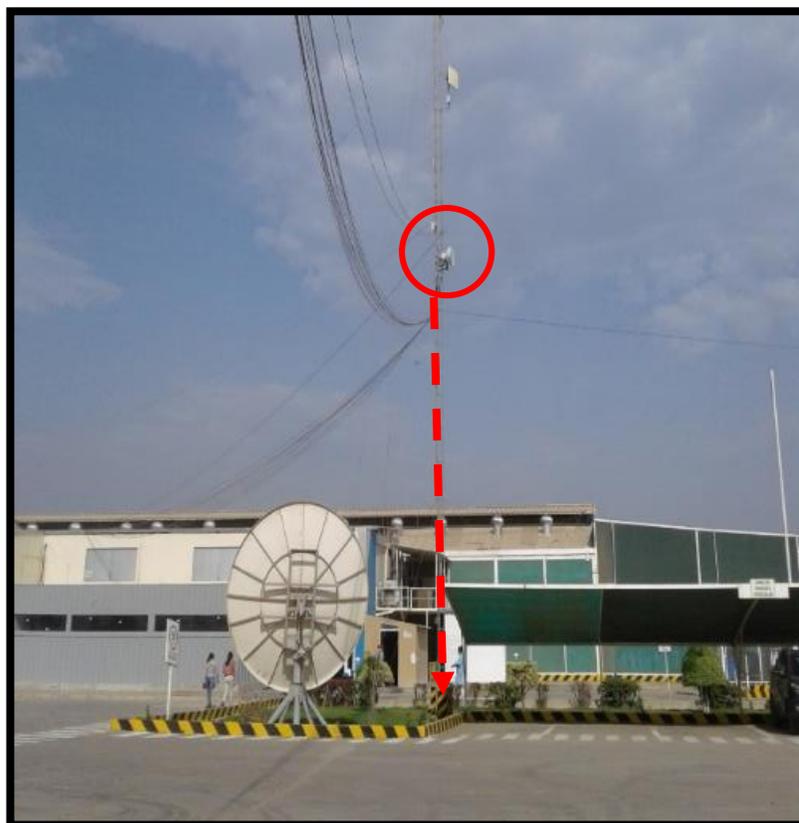


Figura 3.39. Antena instalada en la torre de JAYANCA.

Se hizo el conectorizado en ambas puntas (conector N-male y terminal de ojo, respectivamente). Se protegió con un poco de cinta vulcanizante, pero no se aseguró ni colocó la silicona de protección en ese momento, sino hasta que el enlace fue afinado.

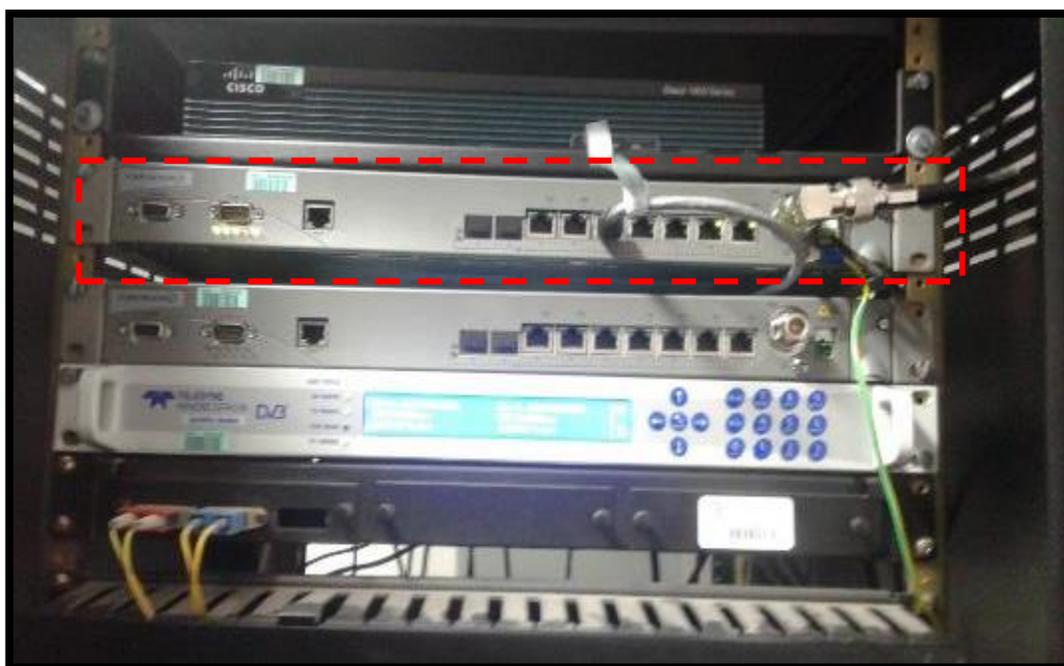


Figura 3.40. Instalación de la IDU en gabinete.

Se finalizó el cableado hacia el *Data* a través de las ducterías tal como se indicó durante el TSS. A continuación, se instaló la IDU FibeAir IP-10 en el rack de comunicaciones, y se realizó el conectorizado al cable de datos y de tierra. En la figura 3.40 se observa la IDU instalada, aterrada y energizada. En paralelo, en el nodo ATC Sapame se realizó el mismo procedimiento, por lo que ya quedó listo todo para el apuntamiento. Debido a la distancia entre los *sites*, el apuntamiento microondas demoró alrededor de 1 hora hasta encontrar buenos valores en *Rx*. Una vez que obtuvimos buenos valores de apuntamiento, se compararon con los resultados teóricos. Cuando se validaron tanto el $Rx(dB)$ como el $MSE(dB)$, se procedió a proteger los conectores con cinta vulcanizante y silicona para evitar la penetración

de humedad sobre la línea de transmisión. Se tomaron los *Screenshots* a los valores obtenidos en campo con el equipamiento CERAGON y se muestran en las figuras 3.41 y 3.42.

La información que extraemos de estas capturas de pantalla es:

- ✓ Están plenamente identificados y validados tanto la IDU como la RFU (ODU) Ceragon, pues en la sección *Unit Parameters* aparecen su S/N y P/N.
- ✓ El enlace se validó con **-49 dBm** de Rx Level y **37.00 dB** de *MSE*.
- ✓ El enlace no presenta alarmas, ni a nivel de IDU ni a nivel de ODU.

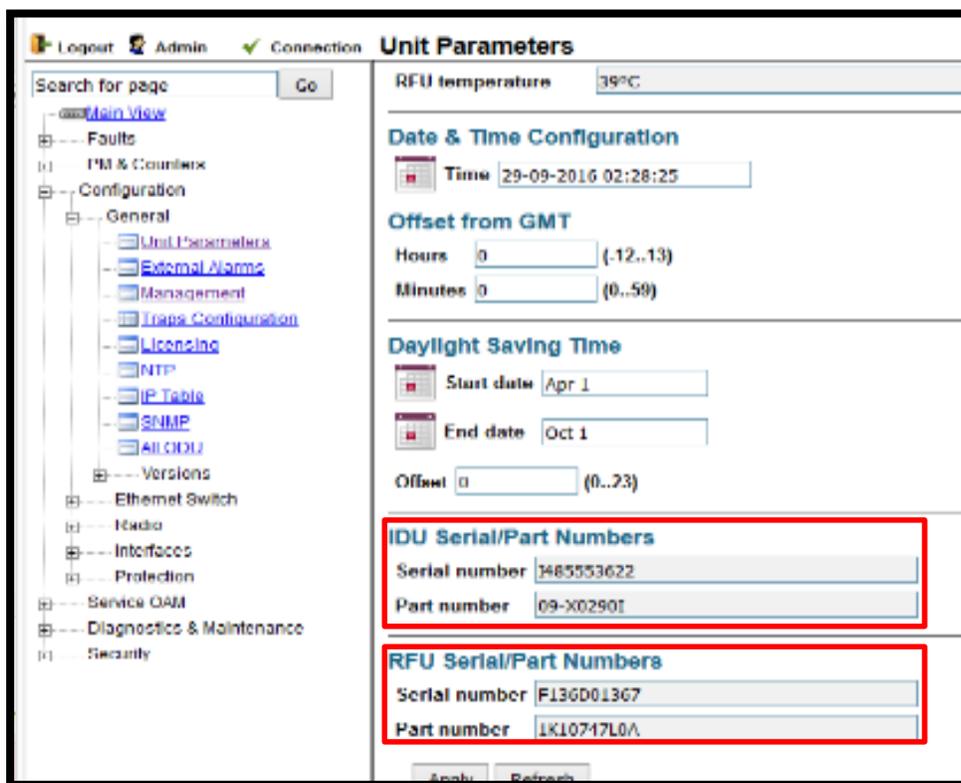


Figura 3.41. Primer screenshot de la IDU CERAGON: *Unit Parameters*.

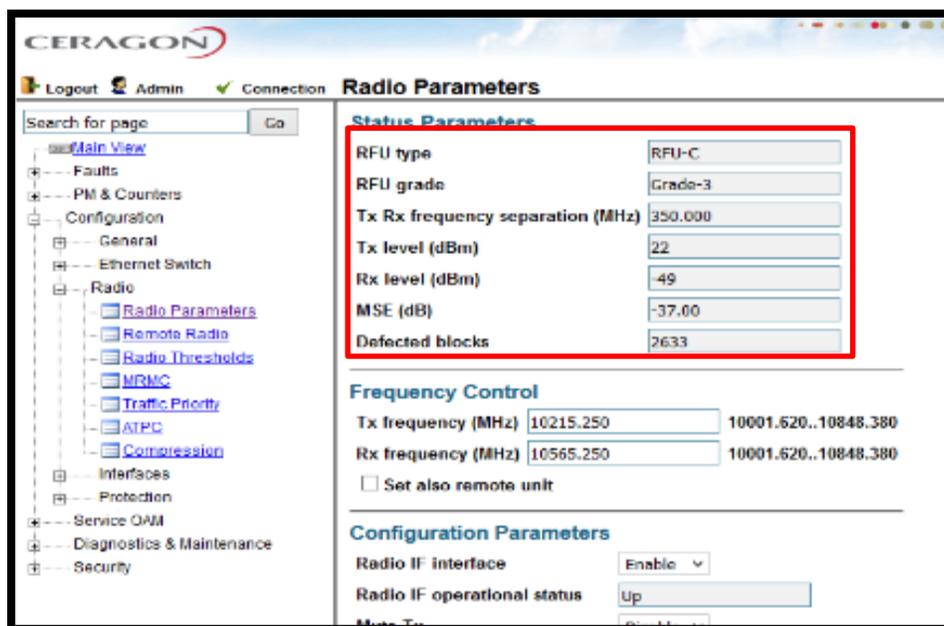


Figura 3.42. Segundo screenshot de la IDU CERAGON: Radio Parameters.

3.2.3.2.2. Instalación en el site ATC Sapame

Así como se instaló en el site del cliente, en el nodo ATC Sapame también se empleó una antena de 0.6 m. Primero se armó la antena con sus accesorios metálicos y se enganchó con su soporte para torre autosoportada para antenas de 0.6 m. Se prepara la antena para subirla junto con la RFU-C HIGH 10.5 GHz (ODU). Según el estudio de TSS, la antena se colocó a una altura de 15 m; para esto, el personal usó poleas y una soga con la que hacer viento para facilitar el izaje, tal como en JAYANCA.

La antena se dejó instalada en la torre, tal como se muestra en las figuras 3.44 y 3.45; mientras tanto, se realizó el cableado en la torre y hacia la sala de equipos de comunicación. Primero se instaló una parte de los 35 m de cable IF (RG8) en la torre, dejando una punta hacia la ODU; también se procedió (de forma similar) con los 12 m de cable verde-amarillo (para aterra).



Figura 3.45. Antena instalada en la torre de JAYANCA.

Se hizo el conectorizado en ambas puntas (conector N-male y terminal de ojo, respectivamente). Se protegió con un poco de cinta vulcanizante, pero no se aseguró ni colocó la silicona de protección en ese momento, sino hasta que el enlace fue afinado.

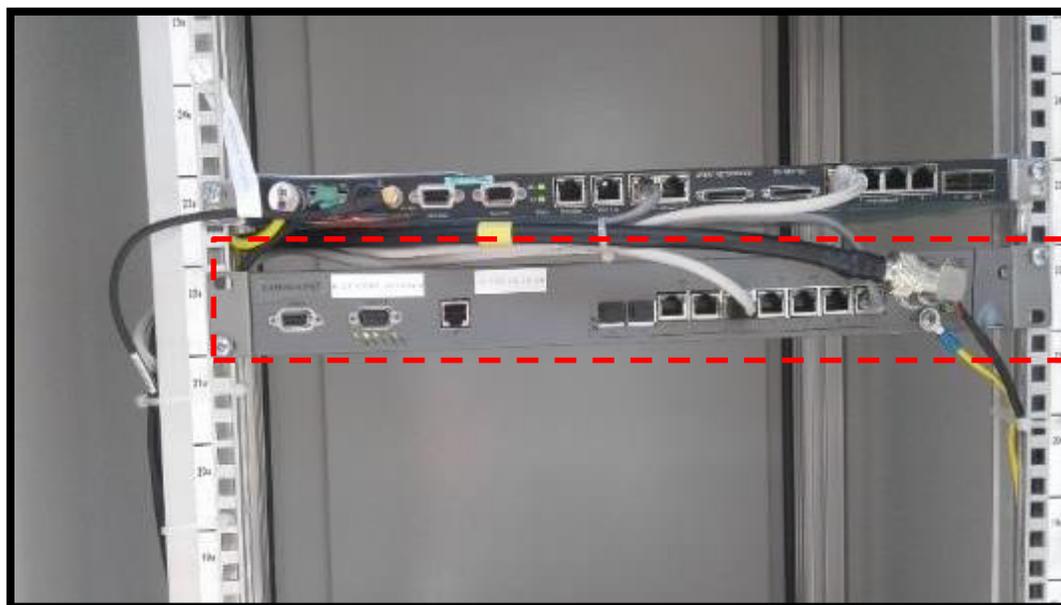


Figura 3.46. Instalación de la IDU en gabinete.

Se finalizó el cableado hacia el *Data* a través de las ducterías tal como se indicó durante el TSS. A continuación, se instaló la IDU FibeAir IP-10 en el rack de comunicaciones, y se realizó el conectorizado al cable de datos y de tierra. En la figura 3.46 se observa la IDU instalada, aterrada y energizada sin ninguna alarma física. En paralelo, en el *site* remoto JAYANCA, se realizó el mismo procedimiento, por lo que quedó listo todo para el apuntamiento. Debido a la distancia entre los *sites*, el apuntamiento microondas demoró alrededor de 1 hora hasta encontrar buenos valores en *Rx*. Una vez que se obtuvo buenos valores de apuntamiento, se compararon con los resultados teóricos. Cuando se validaron tanto el $Rx(\text{dB})$ como el $MSE(\text{dB})$, se procedió a proteger los conectores con cinta vulcanizante

y silicona para evitar la penetración de humedad sobre la línea de transmisión. Se tomaron los *Screenshots* a los valores obtenidos en campo con el equipamiento CERAGON y se muestran en las figuras 3.47 y 3.48.

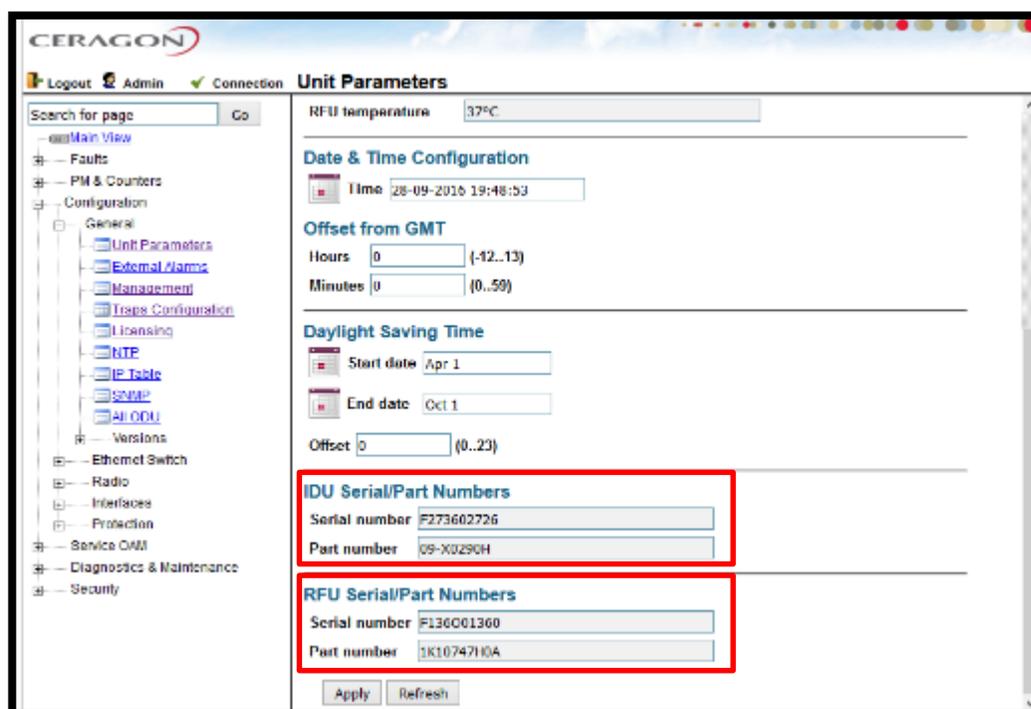


Figura 3.47. Primer screenshot de la IDU CERAGON: *Unit Parameters*.

La información que extraemos de estas capturas de pantalla es:

- ✓ Están plenamente identificados y validados tanto la IDU como la RFU (ODU) Ceragon, pues en la sección *Unit Parameters* aparecen su S/N y P/N.
- ✓ El enlace se validó con **-48 dBm** de Rx Level y **36.60 dB** de MSE.

- ✓ El enlace no presenta alarmas, ni a nivel de IDU ni a nivel de ODU.

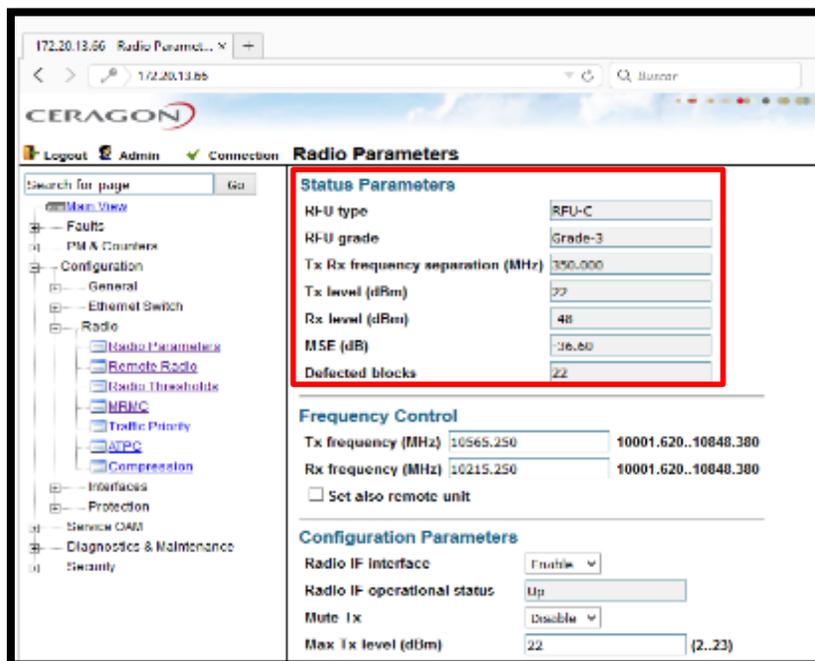


Figura 3.48. Segundo screenshot de la IDU CERAGON: Radio Parameters.

3.2.4. Costo y Cronograma del Proyecto

En esta sección se presenta los cálculos de inversión y operación de los enlaces; así como el cronograma de trabajo. Aunque en el mercado hay una gran variedad de equipos y tecnologías, la empresa prestadora de servicios (EPS) viene trabajando durante años con las marcas de mejores resultados del mercado: CERAGON y AVIAT NETWORKS. Debido a ellos, el cálculo de costos se realiza en base al cálculo aproximado de estos equipos, de la mano de obra técnica, traslado de equipos y soporte/operación de la red.

3.2.4.1. Costos de Inversión (CAPEX)

Comúnmente conocidos como CAPEX (CAPital EXpenditure), abarca los costos por equipos, implementación, energía y transporte.

Tabla 2.

Tabla de Costo CAPEX.

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Unitario USD \$</i>	<i>Precio Total USD \$</i>
Antena Andrew 1.2 m	2	4500.00	9000.00
Antena Andrew 0.6 m	2	3000.00	6000.00
IDU Ceragon	2	496.00	992.00
IDU Aviat	2	740.00	1480.00
ODU Ceragon	2	748.00	1496.00
ODU Aviat	2	990.00	1980.00
Fuente p/Ceragon	1	122.00	366.00
Kit de Aterramiento	2	300.00	1200.00
Pozo a Tierra (PAT)	2	500.00	1500.00
Cable RG-8	400	4.00	1600.00
Cable Tierra 6-AWG	400	4.00	1600.00
Cable UTP	20	2.50	50.00
Conector N	8	6.00	48.00
UPS (Energía de respaldo)	3	2000.00	6000.00
Rectificador	2	4500.00	9000.00
Gabinete	1	2000.00	2000.00
Switch Cisco	2	1500.00	3000.00
Soporte especial p/antena	4	250.00	1000.00
Transporte de equipos	3	1500.00	4500.00
Estudio de Campo	3	1000.00	3000.00
Mano de obra especializada	3	5000.00	15000.00
Energizado y Acondicionamiento	1	10000.00	10000.00
Consumibles	1	1000.00	1000.00
Gastos Administrativos	30%		24543.60
TOTAL (CAPEX)			106355.60

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4.2. Costos de Operación y Mantenimiento (OPEX)

Conocido como OPEX (Operational Expenditure), abarca costos de operación y mantenimiento (preventivo/correctivo) de la red.

Mantenimiento preventivo.- Se debe realizar cada 6 meses como recomiendan los fabricantes. Implica la visita del equipo técnico supervisado por el Ingeniero a cargo.

Mantenimiento correctivo.- Este se realiza cuando se presenta la falla. Es sumamente importante efectuarlo con la máxima celeridad pues el corte de servicio debe ser lo menor posible.

Tabla 3.
Tabla de Costo OPEX.

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo Mensual USD \$</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Costo Anual USD \$</i>
Ingeniero de Red y Supervisión (NOC)	1	1000	12 meses	12000.00
Personal técnico de campo	4	450	12 meses	21600.00
Personal de Seguridad	2	350	12 meses	8400.00
Transporte para Mantenimientos	2	300	8 veces	4800.00
Instrumentos de medición y Herramientas				2000.00
Costo anual del canon por el MTC				1500.00
TOTAL (OPEX)				50300.00

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4.3. Cronograma (Diagrama de Gantt)

El presente proyecto se desarrolló durante 19 días, comenzando con el traslado de los equipos hacia los *sites* y finalizando con la entrega de servicios al cliente:

Tabla 4.

Tabla del Cronograma del Proyecto.

Proyecto	Fecha inicio prevista	Días trabajados	Fecha final prevista	Situación
Integración	29-sep.-16	1	30-sep.-16	Terminado
Alineamiento ITX-ATC	28-sep.-16	1	29-sep.-16	Terminado
Alineamiento Jayanca-ATC	27-sep.-16	1	28-sep.-16	Terminado
Instalación JAYANCA	26-sep.-16	1	27-sep.-16	Terminado
Instalación ITX	23-sep.-16	1	24-sep.-16	Terminado
Instalación Antenas (02, ATC)	20-sep.-16	3	23-sep.-16	Terminado
Cableado (03, ATC)	19-sep.-16	1	20-sep.-16	Terminado
Instalación Nodo	14-sep.-16	5	19-sep.-16	Terminado
Acarreo de equipos	12-sep.-16	2	14-sep.-16	Terminado

Fuente: Elaboración propia.

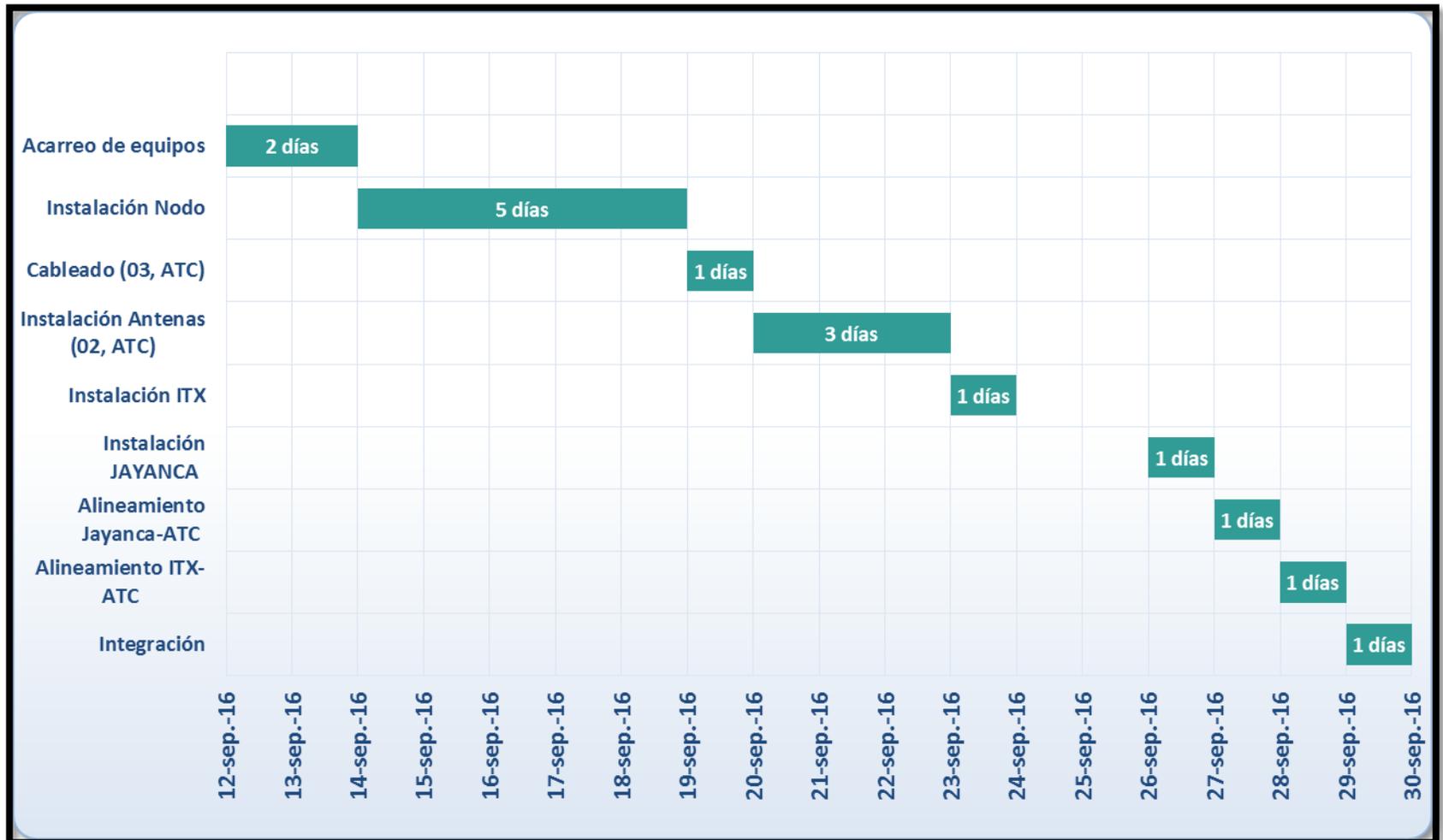


Figura 3.49. Cronograma del proyecto.

3.3. Resultados

Luego de la etapa de diseño e implementación, se efectuó la migración del servicio y se activó; el cliente continúa operando con normalidad. Pero también se creó un nuevo nodo el cual ofrece mayor cobertura. Veamos los 2 resultados: 1) Servicio activo por el nuevo enlace, 2) Ampliación de la zona de cobertura para oferta del servicio.

3.3.1. *Resultados de la Implementación.*

Durante la ventana de corte se conmutó el anterior enlace, ITX Chiclayo – MOTUPE – JAYANCA, al nuevo enlace: ITX Chiclayo – ATC Sapame – JAYANCA, tal como se planificó en la Sección 3.1. Los resultados de este nuevo enlace fueron evidentes desde la activación del servicio, pues el cliente no perdió conectividad. La planta de JAYANCA continúa haciendo uso ininterrumpido de su servicio y lleva 9 meses sin reporte de caída o degradación de enlace.

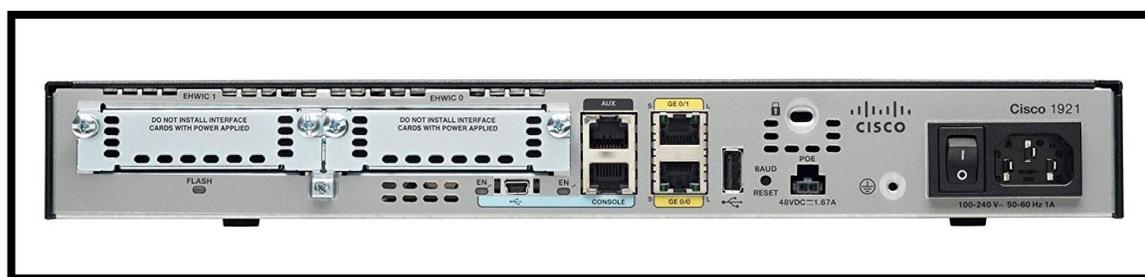


Figura 3.50. Vista posterior de router Cisco 1921/K9.

Adicionalmente, en diciembre del 2016 el cliente pidió un *Upgrade* del ancho de banda contratado para su sede en JAYANCA. Para esto, se realizó la instalación de un Router con mayor capacidad, Cisco 1921 en reemplazo del Cisco 881, junto

con la tarjeta EHWIC – 4ESG para la conexión LAN de la sede. La vista posterior del Router 1921/K9 se observa en la figura 3.49 y la foto del Router instalado, conectado y en servicio se ve en la figura 3.50.



Figura 3.51. Router Cisco 1921 e IDU Ceragon en JAYANCA.

Tal como se hizo en la migración, luego hacer las conexiones físicas y configurar el router, desde el modo EXEC Privilegiado se hace *ping* a la IP *default gateway* (172.16.25.29) y se recibe respuesta. Con esto se valida la salida por la Interfaz WAN (puerto GE0/0) tal como se observa en la figura 3.51 y desde una PC se validó salida a INTERNET (figura 3.52).

```

GigabitEthernet0/0.501    172.16.25.30    YES NVRAM    up            up
GigabitEthernet0/0.701    190.216.118.82 YES NVRAM    up            up
GigabitEthernet0/1        unassigned      YES NVRAM    administratively down down
GigabitEthernet0/0/0      unassigned      YES unset    up            up
GigabitEthernet0/0/1      unassigned      YES unset    up            up
GigabitEthernet0/0/2      unassigned      YES unset    down          down
GigabitEthernet0/0/3      unassigned      YES unset    down          down
Loopback0                 172.20.27.49   YES NVRAM    up            up
Vlan1                     unassigned      YES unset    up            up

CER021641#ping 172.16.25.29
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.16.25.29, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 4/8/12 ms
CER021641#_

```

Figura 3.52. Router 1921 instalado, configurado y validado por el proveedor.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 10.0.14393]
(c) 2016 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\marvi_h6q426s>ping www.google.com -t

Haciendo ping a www.google.com [172.217.8.100] con 32 bytes de
datos:
Respuesta desde 172.217.8.100: bytes=32 tiempo=73ms TTL=55
Respuesta desde 172.217.8.100: bytes=32 tiempo=74ms TTL=55
Respuesta desde 172.217.8.100: bytes=32 tiempo=72ms TTL=55
Respuesta desde 172.217.8.100: bytes=32 tiempo=72ms TTL=55
Respuesta desde 172.217.8.100: bytes=32 tiempo=73ms TTL=55
Respuesta desde 172.217.8.100: bytes=32 tiempo=73ms TTL=55
Respuesta desde 172.217.8.100: bytes=32 tiempo=73ms TTL=55

Estadísticas de ping para 172.217.8.100:
    Paquetes: enviados = 7, recibidos = 7, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 72ms, Máximo = 74ms, Media = 72ms
Control-C
^C
C:\Users\marvi_h6q426s>

```

Figura 3.53. Salida a INTERNET desde la PC.

3.3.2. Ampliación de la Zona de Cobertura

Como se esperaba, la zona de cobertura aumentó. Desde ITX Chiclayo se cubría un radio máximo de 50 km (bajo ciertas condiciones) como se ve en la figura 3.53 en color naranja. Ahora, con el nuevo nodo ATC Sapame, se amplió esta zona tal como se observa en la misma figura, pero de color rojo.

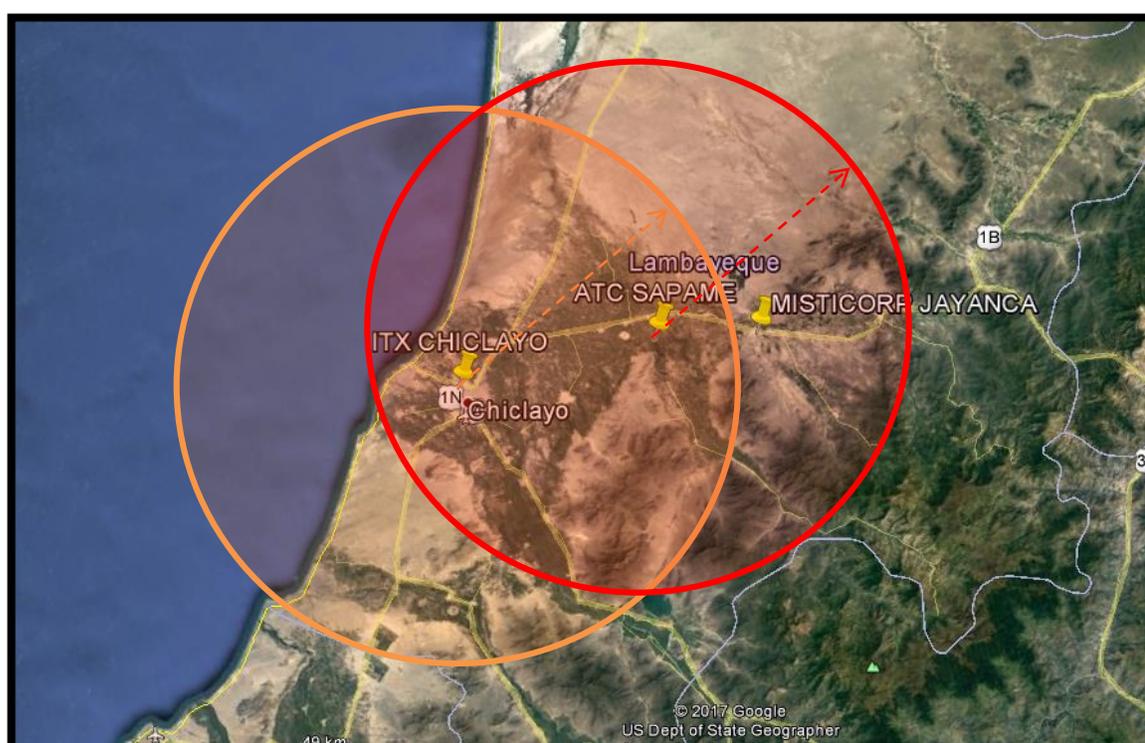


Figura 3.54. Área de cobertura desde ITX Chiclayo y ATC Sapame.

La zona es de cultivo y hay otras empresas a las que le puede interesar la oferta de servicio que tiene el proveedor. Antes no era posible ofertar a potenciales clientes, pero con la nueva cobertura de servicio sí. En la figura 3.54 se muestra el detalle de la nueva cobertura.

Si hubiese sido posible enlazar JAYANCA con ITX Chiclayo (sin obstáculos) el enlace requeriría antenas de 1.2 m (mínimo) porque la distancia es mayor a 50 km, lo que implica mayores gastos en instalación y posterior soporte. Y esto mismo se hubiera hecho con nuevos clientes de la zona. Con el nuevo nodo ATC Sapame, en la sede JAYANCA se empleó antenas de 0.6 m, y en los nuevos clientes será igual, lo que significa menores costos a futuro.



Figura 3.55. Área de cobertura ampliada.

CONCLUSIONES

- 1) El desarrollo del proyecto demostró que es posible mantener activo el actual servicio de internet dedicado para la sede de Jayanca ante el cambio en la infraestructura de la red (eliminación de la estación repetidora Motupe). Para esto, fue necesario calcular las alturas mínimas a las que ubicaría la antena en la torre de cada *site*, de forma que haya LOS hacia la estación remota.
- 2) Se validó que no existe línea de vista directa (NLOS) entre ITX Chiclayo y JAYANCA, por lo que se implementó el nodo ATC Sapame que sirvió de estación repetidora para enlazar JAYANCA. El diseño de enlace arrojó que las alturas óptimas para ubicar las antenas en los 2 enlace es: a 42 metros en ITX Chiclayo y a 25 metros en ATC Sapame (ITX Sapame – ATC Sapame); y, a 15 metros en ATC Sapame y a 12 metros en JAYANCA (ATC Sapame – JAYANCA). Con estas alturas se asegura la línea de vista (LOS) hacia el nuevo nodo (repetidora) y el cliente.
- 3) El nuevo nodo no solo ha sirvió para instalar la antena repetidora hacia JAYANCA, sino que permite extender el área de cobertura en la que el proveedor puede ofrecer sus servicios. Con el nodo ITX Chiclayo, su área de cobertura tiene un radio de 50 km, pero con la implementación y activación del nuevo nodo, desde ITX Chiclayo se cubre un área de 80 km de radio en dirección noreste. Como se vio en la figura 3.53, la cobertura aumentó en más de 3.000 km², lo que permite llegar a otros potenciales clientes en la zona de Jayanca y Motupe.

- 4) Durante el proyecto se validó que la ubicación del nuevo nodo ATC Sapame y la altura de la torre del nodo impidan que se presenten futuros obstáculos de línea de vista (esto es debido a que se escogió un cerro de 124 metros de elevación) y la antena se instaló lo más alto posible: a 25 metros, considerando el espacio contratado en la torre de ATC en Sapame. Para esto fue imprescindible realizar primero el estudio de factibilidad en sitio y de perfil de enlace (TSS). Con el TSS se pudo hacer el diseño que abarcó el elegir las antenas y las frecuencias de enlace que garanticen la entrega de un servicio óptimo.

- 5) En este proyecto, las antenas instaladas en los nodos de ITX Chiclayo y ATC Sapame se ubicaron a 42 y 25 metros, respectivamente, para un enlace de 33.86 km y frecuencia de 7 GHz. No obstante, siendo que ITX Chiclayo está a 35 msnm y ATC Sapame a 124 msnm, las antenas tienen unas alturas distintas respecto al nivel del mar. Tomando como nivel de referencia la altura de ITX Chiclayo, se puede decir que las antenas están ubicadas a 42 m y 114 m respectivamente. Con esto, se realizó la comparación con el resultado presentado por Dougherty y Wilverson (1967) [15] y el estudio reciente de Boukar, Daeri y Alqusbi (2016) [16] y se concluye que, en el diseño de enlace, es importante tanto la frecuencia de trabajo (frecuencia muy bajas y muy altas aumentan la atenuación) como la altura de la antena transmisora y receptora (bajas alturas son propensas a atenuación por obstáculos en la línea de vista). Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 5.

Tabla de comparación de radioenlaces.

	<i>Presente trabajo</i>	<i>Dougherty y Wilverson 1</i>	<i>Dougherty y Wilverson 2</i>	<i>Boukar, Daeri y Alqusbi 1</i>	<i>Boukar, Daeri y Alqusbi 2</i>
Distancia	33.86 km	25 km	30 km	50 km	55 km
Altura 1	42 m	25 m	50 m	40 m	40 m
Altura 2	114 m	61 m	50 m	120 m	80 m
Frecuencia	7 GHz	2 GHz	2 GHz	7 GHz	6.4 GHz

Nota. Se comparan 4 modelos de enlaces punto a punto, 2 de cada trabajo de investigación analizado, con el enlace troncal del presente trabajo. Fuente: Elaboración propia.

RECOMENDACIONES

- 1) Antes de realizar el cálculo de enlace, es necesario que se tenga de manera clara y firme los conocimientos teóricos. Además de disponer del procedimiento adecuado para la recolección de datos en sitio; todo esto con motivo de obtener los resultados más precisos y confiables al vaciar la información al *software* especializado (en este proyecto fue el *PathLoss*).

- 2) Ante un problema de obstáculo en la línea de vista, la recomendación es buscar la altura adecuada para ubicar las antenas en las torres de comunicación. El implementar una estación repetidora se justifica cuando, por ejemplo, el valor teórico (calculado con el *software* especializado) de las alturas en la torre no se puede alcanzar. Esta recomendación es debido a los costos de hacer un doble enlace y determinar el tipo de repetidor a emplear.

- 3) Cuando no es posible superar un obstáculo con el cálculo de alturas de las antenas en la torre de comunicación (y el implementar una estación repetidora para un solo cliente no se justifica por el ancho de banda contratado) se recomienda a la Empresa Prestadora de Servicios analizar la viabilidad de construir un nuevo nodo que permita enlazar, además del cliente en mención, a potenciales clientes en la nueva zona de cobertura de servicios.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Leijón, H. (1996). Estudio de caso de la ITU: Planificación de una Red Rural. Recuperado de: <https://www.itu.int/es/>
- [2] Norton, M. (1964). Microwave System Engineering Using Large Passive Reflectors. *IRE Transactions on Communications Systems*, 10(3), 304 - 311. doi: 10.1109/TCOM.1962.1088659
- [3] PERALTA, I., y SOLIS, L. F. (2015). *Diseño de un enlace de microondas para proveer servicios de telecomunicaciones a la Nueva Refinería de Tula*. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.
- [4] DÍAZ, R. E. (2015). *Diseño de radioenlace microondas isla San Lorenzo – Campus PUCP para el proyecto Perú Magneto*. Pontificia universidad católica del Perú, Lima, Perú.
- [5] FERNANDEZ, C. R. (2013). *Diseño de una red de transporte para la integración de la región Madre de Dios a la Red Troncal de Telecomunicaciones del Perú*. Pontificia universidad católica del Perú, Lima, Perú.
- [6] SILVA, B., y NORIEGA, Y. E. (2015). *Estudio comparativo a nivel radio entre los sistemas microondas SDH y Packet Microwave como alternativas para el tramo dorsal Trujillo-Ragache de la Red del operador Claro – Perú S.A.C*. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- [7] GALLEGOS, F. M., y PULLAS, G. A. (2010). *Análisis del espectro radioeléctrico y estudio para la implementación de una red de radio enlaces entre las unidades de turismo*

de los 7 Municipios de la provincia de Bolívar. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

[8] GONZÁLEZ, L. M., y MONDRAGON, J. L. (2013). *Cálculo de un enlace de microondas mediante la simulación del software libre Radio Mobile.* Universidad Tecnológica de Querétaro, Santiago de Querétaro, México.

[9] TOMASI, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas.* México: Pearson Education, Inc.

[10] FRENZEL, L. (2003). *Sistemas Electrónicos de Comunicaciones.* México: Alfaomega.

[11] BRICEÑO, J. E. (2005). *Principios de las Comunicaciones.* Venezuela: Taller de Publicaciones de la Facultad de Ingeniería.

[12] CARLSON, A. B. (2002). *Communication Systems: An introduction to Signals and Noise in Electrical Communication.* New York: McGraw-Hill.

[13] COUCH, L. W. (2008). *Sistemas de comunicación digitales y analógicos.* México: Pearson Education, Inc.

[14] Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2016) Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa (Recomendación UIT-R P.530-16). Recuperado de: <https://www.itu.int/es/>

[15] Dougherty, H. T., y Wilkerson, R. E. (1967). Determination of antenna height for protection against microwave diffraction fading. *Radio Science*, 2(2), 161 - 165. doi: 10.1002/rds196722161

- [16] Boukar, A. J., Daeri, A. M., y Alqusbi, E. (2016). Effect of antenna height and distance on attenuation for point to point wave propagation. *Control Engineering & Information Technology (CEIT)*. Simposio llevado a cabo en el 4th International Conference on Control Engineering & Information Technology (CEIT), Hammamet, Tunisia. doi: 10.1109/CEIT.2016.7929110

ANEXO A

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE ENLACE EN TORRE

BMP	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO				PAGINA: 1/1
	TITULO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD - TORRE		CODIGO: P-PO-002		Versión: 002-2014 F.V.: 01/03/2014
	ELABORADO POR: JOTOVE	REVISADO POR: CAST	FIRMA:	APROBADO POR: VHH	FECHA: 05/03 /2013

Este procedimiento corresponde al proceso:

PROCESO:	PROYECTO LEVEL 3
SUB PROCESO:	FACTIBILIDAD

Responsables de la versión:

	PROCESO	REPRESENTANTE	FIRMA	FECHA
Elaborado por:		JOSE EDUARDO TORRES VEGA		
Revisado por:		CARLOS SOTELO TORRES		
Aprobado por:				

BMP	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO					PAGINA: 2/2
	TITULO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD - TORRE			CODIGO: P-PO-002		Version: 002-2014 F.V.: 01/03/2014
	ELABORADO POR: JOTOVE	REVISADO POR: CAST	FIRMA:	APROBADO POR: VHH	FECHA: 05/03/2013	FIRMA:

1. **OBJETIVO:**

Establecer los procedimientos a cumplir durante un estudio de factibilidad de instalación o desinstalación de irradiantes, material, equipos, artificios, cableado y otros, en los que utilice un pedestal.

2. **ALCANCE:**

Personal del área de seguridad y salud en el trabajo, comité de seguridad y salud en el trabajo, área comercial y de Ingeniería, y personal de apoyo, de BMP Ingenieros S.A., involucrada en el proyecto por ejecutar.

3. **DEFINIONES:**

- a. **PO:**
Proceso operativo.
- b. **Incidente:**
Hecho relacionado con el trabajo en el cual se produjo o se podría haber producido una lesión o mala salud (independientemente de la gravedad) o una muerte.
- c. **Accidente:**
Toda lesión orgánica o perturbación funcional causada en el centro de trabajo o con ocasión del trabajo, por acción imprevista, fortuita u ocasional de una fuerza externa, repentina y violenta que obra súbitamente sobre la persona del trabajador o debida al esfuerzo del mismo.
- d. **Accidente grave o incapacitante:**
Es aquel que, luego de la evaluación, el médico diagnostica y define como no trivial o leve y determina que continúe el tratamiento luego de las 24 horas de ocurrido el accidente.
- e. **Accidente trivial o leve:**
Es aquel que requiere tratamiento médico ambulatorio sin necesidad de descanso médico o con descanso no mayor de 24 horas.
- f. **Accidente fatal:**
Es aquel en el que el trabajador fallece como consecuencia de una lesión de trabajo sin tener en cuenta el tiempo transcurrido entre la fecha del accidente y la de la muerte, para efectos de la estadística se considera la fecha en la que fallece.
- g. **Causas de los Accidentes:**
Criterios que permiten comprender las razones por las cuales ocurre un accidente. Se dividen en: Falta de control, Causas básicas y Causas inmediatas.
 - 1) Falta de control.- debido a fallas o debilidades en el control administrativo de la empresa.
 - 2) Causas Básicas.- debido a factores personales y de trabajo:
 - a) Factores Personales.- todo lo relacionado al trabajador como persona.
 - b) Factores del Trabajo.- todo lo relacionado al entorno del trabajo.
 - 3) Causas Inmediatas.- debido a actos y/o condiciones sub estándares

BMP	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO				PAGINA: 3/3
	TITULO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD - TORRE		CODIGO: P-PO-002		Versión: 002-2014 F.V.: 01/03/2014
	ELABORADO POR: JOTOVE	REVISADO POR: CAST	FIRMA:	APROBADO POR: VHH	FECHA: 05/03 /2013

- a) Actos sub estándares: toda acción o práctica incorrecta ejecutada por el trabajador que puede causar un accidente.
- b) Condiciones sub estándares: toda condición física en el entorno del trabajo que puede causar un accidente.
- h. **Evento peligroso**
Acontecimiento en el que una situación peligrosa puede provocar un accidente.
- i. **Fatiga provocada por el trabajo**
Manifestación general o local, no patológica, de la tensión provocada por el trabajo, que puede ser eliminada completamente mediante el descanso adecuado.
- j. **Peligro**
Fuente, situación u acto potencial de un daño en términos de lesión o enfermedad a personas, daño a la propiedad, daño al entorno del lugar de trabajo, o una combinación de estos.
- k. **Potencialmente peligroso**
Proceso, actividad, operación, equipo o producto que, en ausencia de medidas preventivas específicas, origina riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores que los desarrollan o utilizan.
- l. **Enfermedad Ocupacional:**
Todo estado patológico permanente o temporal que sobreviene al trabajador como consecuencia directa de la clase de trabajo que desempeñe o del medio en que se ha visto obligado a trabajar.
- ll. **Reglamento:**
Conjunto de disposiciones y la autorización de uso y aplicación de una norma, que abarca todos los procedimientos, prácticas o disposiciones detalladas, a las que la autoridad competente ha conferido el uso obligatorio.
- m. **Salud Ocupacional:**
Rama de la Salud Pública que promueve y mantiene el mayor grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores; previniendo todo daño a la salud causado por las condiciones de trabajo y por los factores de riesgo y que adecua al trabajador, atendiendo a sus aptitudes y capacidades.
- n. **Seguridad:**
Acciones y actividades que permiten que el trabajador labore en condiciones seguras tanto ambientales como personales, con el fin de conservar la salud y preservar los recursos humanos y materiales.
- o. **Prevención:**
Adopción de medidas encaminadas a impedir que se produzcan deficiencias físicas, mentales y sensoriales (prevención primaria) o a impedir que las deficiencias, cuando se han producido, tengan consecuencias físicas, psicológicas y sociales negativas.
- p. **Análisis del riesgo:**
Utilización sistemática de la información disponible para identificar los peligros y evaluar el riesgo.
- q. **Control de riesgos:**

BMP	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO				PAGINA: 4/4
	TITULO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD - TORRE		CODIGO: P-PO-002		Versión: 002-2014 F.V.: 01/03/2014
	ELABORADO POR: JOTOVE	REVISADO POR: CAST	FIRMA:	APROBADO POR: VHH	FECHA: 05/03/2013

Proceso de toma de decisión para tratar y/o reducir los riesgos, a partir de la información obtenida en la evaluación de riesgos, para implantar las acciones correctivas, exigir su cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia.

r. **Arnés de Seguridad:**

Dispositivo que se usa alrededor de porciones del dorso del cuerpo: hombros, caderas, cintura y piernas, que tiene una serie de tirantes, correas y conexiones que amortiguarán las caídas más severas. Su uso es recomendado para evitar el riesgo de caída accidental desde nivel igual o mayor que 1,80 m.

s. **Equipo de Protección Personal – EPP:**

Dispositivos específicos destinados a ser utilizados adecuadamente por el trabajador para que lo protejan de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o salud en el trabajo.

t. **Estudio de riesgo:**

Aquel que permite la identificación, descripción, análisis, evaluación y minimización de los riesgos a la producción, a la propiedad, al personal, al público en general y al medio ambiente, inherentes a la actividad de la empresa para mejorar la productividad y rentabilidad.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO:

4.1. TABLA DE ACTIVIDADES:

RESPONSABLE	ACTIVIDAD
Jefe de Proyecto	1. Entrega a Técnico BMP designado, la programación diaria, Permiso de trabajo, Copia STR e instrucciones de detalle en particular
Técnico BMP	2. Solicita a Almacén, material, herramientas y equipos de protección personal de acuerdo a Permiso de trabajo
Almacén	3. Entrega de material, herramientas y equipos de protección personal.
Técnico BMP	4. Revisa material, herramientas y equipos de protección personal. Llenado de formatos
Técnico BMP	5. Transporte de personal y equipos hacia el cliente.
Técnico BMP	6. Presenta al Cliente: Permiso de Trabajo, copia de STR, DNI vigente, material y equipos a emplear.
Cliente	7. Verifica Permiso de Trabajo, STR, equipos de protección personal, artificios y equipos. Recepción de DNI.
Cliente	8. Conduce al personal de BMP a la zona de trabajo.
Técnico BMP	9. Elaborar Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST), implantación de

BMP	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO			PAGINA:	5/5
	TITULO:	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD - TORRE		CODIGO:	P-PO-002
	Version: 002-2014 F.V.: 01/03/2014				
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	FIRMA:	APROBADO POR:	FECHA:	FIRMA:
JOTOVE	CAST		VHH	05/03/2013	

	medidas de control operativo de riesgos y enfermedades ocupacionales (empleo de EPP's, señalización y acordonamiento de seguridad, etc.)
Técnico BMP	10. Verificar área de sistemas (INDOOR).
Técnico BMP	11. Determinar ubicación y requerimientos operativos de los equipos a instalar.
Cliente	12. Conduce al personal de BMP a la azotea o punto más alto en donde se instalaran equipos externos y cableados (OUTDOOR), para verificar la línea de vista.
Técnico BMP	13. Elaborar Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST), implantación de medidas de control operativo de riesgos y enfermedades ocupacionales (empleo de EPP's, señalización y acordonamiento de seguridad, etc.)
Técnico BMP	14. Evaluar estado de la infraestructura donde se instalará el sistema de antena. <ul style="list-style-type: none"> • Si es aprobado pasa a 15. • Si no es aprobado pasa a 17.
Técnico BMP	15. Trabajo en altura. Verificar línea de vista hacia todos los nodos o satélite.
Técnico BMP	16. Evaluar ubicación de la antena en la estructura de la torre, cableado de señal y de puesta a tierra.
Técnico BMP	17. Realizar llenado de Hoja de Servicio.
Cliente	18. Firma de la Hoja de Servicio.
Cliente	19. Conduce al personal de BMP a la zona de salida.
Cliente	20. Devuelve Identificación al personal de BMP.
Técnico BMP	21. Transporte de personal y equipos hacia las instalaciones de BMP.
Almacén	22. Recepción de equipos, EPP's, artificios, etc.
Técnico BMP	23. Formulación y entrega de informe.
Jefe Proyecto	24. Revisión y corrección de informe.
Jefe Proyecto	25. Envío de informe a Level 3.

ANEXO B

INSTALACIÓN DE ANTENA EN TORRE

BMP	Prestación de Servicio de Telecomunicaciones		PAGINA: 1/1
	TITULO: INSTALACIÓN DE ANTENA - TORRE	CODIGO: P-OPE-008	Versión: 003 -2014 F.V.: 01/03/2014
	ELABORADO POR: JOTOVE	REVISADO POR: CAST	APROBADO POR: VJHH

Este procedimiento corresponde al proceso:

PROCESO:	EJECUCIÓN DE PROYECTO LEVEL 3
-----------------	-------------------------------

Responsables de la versión:

	PROCESO	REPRESENTANTE	FIRMA	FECHA
Elaborado por:		JOSE TORRES VEGA		
Revisado por:		CARLOS A. SOTELO TORRES		
Aprobado por:		VICTOR J. HERRERA HEREDIA		

BMP	Prestación de Servicio de Telecomunicaciones		PAGINA: 2/2
	TITULO: INSTALACIÓN DE ANTENA - TORRE		CODIGO: P-OPE-008
	Version: 003 -2014 F.V.: 01/03/2014		
ELABORADO POR: JOTOVE	REVISADO POR: CAST	APROBADO POR: VJHH	

1. OBJETIVO:

El documento ha sido creado para establecer el procedimiento Instalación de antena.

2. ALCANCE:

Este documento se aplica a todas las áreas del proceso productivo de BMP Ingenieros S.A.

3. DEFINICIONES:

- a. **PO: Proceso operativo.**
- b. **Incidente:** Hecho relacionado con el trabajo en el cual se produjo o se podría haber producido una lesión o mala salud (independientemente de la gravedad) o una muerte.
- c. **Accidente:** Toda lesión orgánica o perturbación funcional causada en el centro de trabajo o con ocasión del trabajo, por acción imprevista, fortuita u ocasional de una fuerza externa, repentina y violenta que obra súbitamente sobre la persona del trabajador o debida al esfuerzo del mismo.
- d. **Accidente grave o incapacitante:** Es aquel que, luego de la evaluación, el médico diagnostica y define como no trivial o leve y determina que continúe el tratamiento luego de las 24 horas de ocurrido el accidente.
- e. **Accidente trivial o leve:** Es aquel que requiere tratamiento médico ambulatorio sin necesidad de descanso médico o con descanso no mayor de 24 horas.
- f. **Accidente fatal:** Es aquel en el que el trabajador fallece como consecuencia de una lesión de trabajo sin tener en cuenta el tiempo transcurrido entre la fecha del accidente y la de la muerte, para efectos de la estadística se considera la fecha en la que fallece.
- g. **Causas de los Accidentes:** Criterios que permiten comprender las razones por las cuales ocurre un accidente. Se dividen en: Falta de control, Causas básicas y Causas inmediatas.
 - 1) **Falta de control.-** debido a fallas o debilidades en el control administrativo de la empresa.
 - 2) **Causas Básicas.-** debido a factores personales y de trabajo:
 - a) **Factores Personales.-** todo lo relacionado al trabajador como persona.
 - b) **Factores del Trabajo.-** todo lo relacionado al entorno del trabajo.
 - 3) **Causas Inmediatas.-** debido a actos y/o condiciones sub estándares.
 - a) **Actos sub estándares:** toda acción o práctica incorrecta ejecutada por el trabajador que puede causar un accidente.
 - b) **Condiciones sub estándares:** toda condición física en el entorno del trabajo que puede causar un accidente.

BMP	Prestación de Servicio de Telecomunicaciones		PAGINA: 3/3
	TITULO: INSTALACIÓN DE ANTENA - TORRE		CODIGO: P-OPE-008
	Version: 003 -2014 F.V.: 01/03/2014		
ELABORADO POR: JOTOVE	REVISADO POR: CAST	APROBADO POR: VJHH	

- h. **Evento peligroso:** Acontecimiento en el que una situación peligrosa puede provocar un accidente.
- i. **Fatiga provocada por el trabajo:** Manifestación general o local, no patológica, de la tensión provocada por el trabajo, que puede ser eliminada completamente mediante el descanso adecuado.
- j. **Peligro:** Fuente, situación u acto potencial de un daño en términos de lesión o enfermedad a personas, daño a la propiedad, daño al entorno del lugar de trabajo, o una combinación de estos.
- k. **Potencialmente peligroso:** Proceso, actividad, operación, equipo o producto que, en ausencia de medidas preventivas específicas, origina riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores que los desarrollan o utilizan.
- l. **Enfermedad Ocupacional:** Todo estado patológico permanente o temporal que sobreviene al trabajador como consecuencia directa de la clase de trabajo que desempeña o del medio en que se ha visto obligado a trabajar.
- m. **Reglamento:** Conjunto de disposiciones y la autorización de uso y aplicación de una norma, que abarca todos los procedimientos, prácticas o disposiciones detalladas, a las que la autoridad competente ha conferido el uso obligatorio.
- n. **Salud Ocupacional:** Rama de la Salud Pública que promueve y mantiene el mayor grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores; previniendo todo daño a la salud causado por las condiciones de trabajo y por los factores de riesgo y que adecua al trabajador, atendiendo a sus aptitudes y capacidades.
- o. **Seguridad:** Acciones y actividades que permiten que el trabajador labore en condiciones seguras tanto ambientales como personales, con el fin de conservar la salud y preservar los recursos humanos y materiales.
- p. **Prevención:** Adopción de medidas encaminadas a impedir que se produzcan deficiencias físicas, mentales y sensoriales (prevención primaria) o a impedir que las deficiencias, cuando se han producido, tengan consecuencias físicas, psicológicas y sociales negativas.
- q. **Análisis del riesgo:** Utilización sistemática de la información disponible para identificar los peligros y evaluar el riesgo.
- r. **Control de riesgos:** Proceso de toma de decisión para tratar y/o reducir los riesgos, a partir de la información obtenida en la evaluación de riesgos, para implantar las acciones correctivas, exigir su cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia.
- s. **Arnés de Seguridad:** Dispositivo que se usa alrededor de porciones del dorso del cuerpo: hombros, caderas, cintura y piernas, que tiene una serie de tirantes, correas y conexiones que amortiguarán las caídas más severas. Su uso es recomendado para evitar el riesgo de caída accidental desde nivel igual o mayor que 1,80 m.
- t. **Equipo de Protección Personal – EPP:** Dispositivos específicos destinados a ser utilizados adecuadamente por el trabajador para que lo protejan de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o salud en el trabajo.
- u. **Estudio de riesgo:** Aquel que permite la identificación, descripción, análisis, evaluación y minimización de los riesgos a la producción, a la propiedad, al personal, al público en general y al medio ambiente, inherentes a la actividad de la empresa para mejorar la productividad y rentabilidad.

BMP	Prestación de Servicio de Telecomunicaciones		PAGINA: 4/4
	TITULO: INSTALACIÓN DE ANTENA - TORRE		CODIGO: P-OPE-008 Versión: 003 -2014 F.V.: 01/03/2014
	ELABORADO POR: JOTOVE	REVISADO POR: CAST	APROBADO POR: VJHH

4. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO:

4.1. TABLA DE ACTIVIDADES:

RESPONSABLE	ACTIVIDAD
Técnico BMP (1 y 2)	1. Solicitud de herramientas y equipos de protección personal
Almacén	2. Entrega de herramientas y equipos de protección personal.
Técnico BMP (1 y 2)	3. Revisión de herramientas y equipos de protección personal.
Supervisor de Seguridad y Salud Ocupacional.	4. Inspección del estado de herramientas y equipos de protección personal. (Una vez a la semana como mínimo).
Técnico BMP (1 y 2)	5. Transporte de personal, equipos y antena hacia el cliente.
Técnico BMP (1 y 2)	6. Entrega de hoja de identificación del personal y análisis de seguridad en el trabajo(cuando se solicitado)
Cliente	7. Revisión de equipos de protección personal, equipos. Recepción de DNI.
Cliente	8. Transporta a la zona donde se va ubicar la antena.
Técnico BMP (1)	9. Llenado de hoja de análisis de seguridad en el trabajo.
	10. Se Transportara la antena a la base de la infraestructura donde se realizara las operaciones.
Técnico BMP (1)	11. Evalúa las condiciones de la torre: <ul style="list-style-type: none"> • Si es aprobado pasa 12. • Si NO es aprobado pasa 31.
Técnico BMP (1)	12. Evalúa la altura donde va instalar la antena. (La altura es mayor a 1.8 m): <ul style="list-style-type: none"> • Si es aprobado pasa 14. • Si NO es aprobado pasa 15.
Técnico BMP (1 y 2)	13. El personal se colocar su arnés, línea de vida simple o doble y línea de posicionamiento.
Técnico BMP (1)	14. En las zona de trabajo transita personal de cliente o personal tercero: <ul style="list-style-type: none"> • Si es aprobado pasa 16.

BMP	Prestación de Servicio de Telecomunicaciones		PAGINA: 5/5
	TITULO: INSTALACIÓN DE ANTENA - TORRE		CODIGO: P-OPE-008
	ELABORADO POR: JOTOVE	REVISADO POR: CAST	APROBADO POR: VJHH

	• Si NO es aprobado pasa 17.
Técnico BMP (1 y 2)	15. El personal acordonara el área.
Técnico BMP (1)	16. Se procederá a subir a la infraestructura donde se colocara la antena. Se llevara herramientas y cuerda.
Técnico BMP (2)	17. Se colocara en una zona donde no le pueda caer la antena.
Técnico BMP (1)	18. Se ata la cuerda a la infraestructura.
Técnico BMP (1)	19. Se lanza la cuerda a la base de la infraestructura.
Técnico BMP (2)	20. Se ata la cuerda a la antena.
Técnico BMP (2)	21. Se lanza la cuerda a la zona donde se va colocar la antena.
Técnico BMP (1)	22. Se coloca la cuerda en una zona donde pueda pasar con facilidad la cuerda y se forme una polea.
Técnico BMP (1)	23. Se lanza la cuerda a la base de la infraestructura.
Técnico BMP (2)	24. Se jala la cuerda hasta que la antena llegue a la zona donde se va instalar la antena.
Técnico BMP (1)	25. Se instala la antena a la infraestructura.
Técnico BMP (1)	26. Se instala la protección para la antena.
Técnico BMP (1)	27. Se instala el cableado necesario.
Técnico BMP (1)	28. Se coloca silicona a los equipos.
Técnico BMP (1 y 2)	29. Se procede a realizar pruebas en el equipo y bajar de la torre.
Técnico BMP (1)	30. Se realiza el llenado de Hoja de Servicio.
Cliente	31. Firma de la Hoja de Servicio.
Cliente	32. Transporta al personal de BMP a la zona de salida.
Cliente	33. Entrega la identificación al personal de BMP.
Técnico BMP (1 ó 2)	34. Transporte de personal y equipos hacia las instalaciones de BMP.
Almacén	35. Recepción de equipos (laptop, telurómetro, etc.), arnés y líneas de vida.
Técnico BMP (1 ó 2)	36. Ejecución y entrega de informe.
Supervisor Instalación	37. Revisión y corrección de informe.
Supervisor Instalación	38. Envió de informe a LEVEL 3

ANEXO C

ECLIPSE IDU GE3 - AVIAT



ECLIPSE IDU GE3

ULTRA COMPACT INDOOR UNIT

The Aviat Networks Eclipse™ IDU GE3 16x indoor unit delivers the latest wireless backhaul technology designed for next generation 4G/LTE backhaul needs, in a compact space-saving package.



The Eclipse IDU GE3 16x indoor unit delivers the most advanced features for hybrid and all-IP wireless backhaul right to the cell-site, in a super-compact, space-saving package that includes 256QAM Adaptive Modulation, high port density, packet-synchronization options, advanced QoS and Ethernet OAM.

The IDU GE3 16x is compatible with the Eclipse line of outdoor (ODU300, ODU600) and indoor (IRU600) radio units, with over-the-air interoperability with Aviat Eclipse Packet Node INU/INUe (equipped with RAC 60E/6XE and DAC GE3).

SMALLER, SMARTER AND FASTER IDU FOR THE NETWORK EDGE

By combining hybrid transport with high capacity options, the smaller, faster and

smarter IDU GE3 16x is a CAPEX-optimized solution for enhanced packet or hybrid networking. The IDU GE3 16x simplifies the seamless migration to all-IP, where up to 16x E1s can be commissioned, alongside six ports of Fast or Gigabit Ethernet traffic, in non-protected, Monitored Hot Standby and Space Diversity protected configurations.

ADAPTIVE CODING AND MODULATION

IDU GE3 16x supports QPSK to 256 QAM Adaptive Coding and Modulation (ACM), and allows selection of operation for either maximum system gain or maximum data throughput. These choices give maximum flexibility to path designers for deploying the links over longer paths, utilizing smaller antennas or for capacities up to 462 Mbit/s.

ADVANCED CARRIER ETHERNET FEATURES

The IDU GE3 16x supports advanced features supports carrier class Ethernet networking through an integrated Layer 2 Ethernet switch, providing traffic classification into 8 priority queues, QoS traffic priority assignment, VLAN support, IFG and Preamble suppression for improved throughput, and packet synchronization such as ITU-T G.8262 compliant Synchronous Ethernet (SyncE) and transparent support for IEEE 1588-2008 (1588v2).

SUPER COMPACT

The IDU GE3 16x super-compact 1/2 U rack height chassis can be installed where there are space challenges, such as curbside or roof top cabinets. The IDU GE3 16x has minimal power consumption at less than 30W, significantly less than similarly featured, full sized solutions, to support simpler power and cooling requirements.

ECLIPSE PORTFOLIO ADVANTAGES

Aviat Networks Eclipse delivers advanced technology with an eye on lowering your total cost of ownership. Eclipse provides superior networking features to address cost-optimized mobile backhaul, public, and private networking applications, along with high performance RF and Carrier Ethernet capabilities to improve cost efficiency. Eclipse offers migration flexibility for long term investment protection and high reliability to lower your OPEX.

IDU GE3 KEY FEATURES

- Hybrid transport options- all-Ethernet/IP, native mixed-mode TDM + Ethernet in a single radio channel
- High throughput supports 4G/LTE backhaul, up to 462 Mbit/s data
- Full 256QAM Adaptive Coding and Modulation (ACM), for up to 4x increase in spectrum efficiency
- Carrier Ethernet features, including Sync-E (G.8262), VLANs, and Ethernet OAM
- Compact size (1/2 RU) and very low power consumption
- High density Ethernet interface capability with 6x Gigabit Ethernet ports
- Protected Configurations in 1RU: MHSB, SD, 2+0 (with Link aggregation)
- Fully protected traffic ports: Electrical and optical Ethernet, and electrical E1 interfaces
- Embedded Strong Security, featuring Payload Encryption, Secure Management and RADIUS client support
- Management support by Provision NMS and Eclipse Portal
- RoHS and WEEE compliant

ETSI DATASHEET
ECLIPSE IDU 6E3
SYSTEM PARAMETERS

GENERAL		
Throughput/Capacity Range Options	Airlink Capacity	8 - 366 Mbit/s
	Ethernet/IP	10 - 462 Mbit/s ⁽¹⁾
	Native TDM	1 - 16x E1
Modulation Options	Fixed	QPSK, 16, 32, 64, 128, 256 QAM
	Adaptive	QPSK, 16, 64, 256 QAM
Configuration Options		Non Protected (1+0), Protected Hot Standby (1+1), Protected Space Diversity (1+1)
STANDARDS COMPLIANCE		
EMC		EN 301 489-1, EN 301 489-4 (EN 55022 Class A)
Operation		EN 300 019, Class 3.1E
Safety		IEC 60950-1/EN 60950-1
ETHERNET TRAFFIC INTERFACE		
Interfaces		4 x 10/100/1000BaseT + 2xSFP (optional, 1000BaseT, LX, SX)
ETHERNET FEATURES		
Ethernet Standards Compliance		IEEE 802.3
Frame Handling	Max Frame Size	up to 10K byte Jumbo Frames
QoS	Traffic Prioritization	Port based, 802.1p VLAN Tags, DSCP and Traffic Class and Flow Level Mapping
	VLAN Tagging	IEEE 802.1Q, QinQ
	Flow Control	IEEE 802.3x
	Monitoring	RMON-1, Port and Channel Status, Performance Graphs
Throughput Acceleration		IFG & preamble suppression
Synchronization		Synchronous Ethernet
TDM TRAFFIC INTERFACE		
Line Interface, electrical		16x 2.048 Mbit/s (E1), 2 x 50 pin HDR connectors
ENVIRONMENTAL		
Operating Temperature, Guaranteed		-5° to +55° C (23° to +131° F)
ELECTRICAL/MECHANICAL		
Electrical	Input Voltage Range	-40.5 to -60.0 VDC
Power Consumption, nominal		< 30 W
Dimensions		22mm (1/2 RU)x 482mm (19in) x 240mm (9.4in)
Weight		2.4 kg (5.3 lb)
FAULT AND CONFIGURATION MANAGEMENT		
Protocol		SNMP v2c
Local/remote Configuration Tool		Eclipse Portal
Radio Network Management		Aviat Networks ProVision®

All specifications are typical values unless otherwise stated, and are subject to change without notice.

(1) 64 byte frames, physical layer

WWW.AVIATNETWORKS.COM

Aviat, Aviat Networks, and Aviat logo are trademarks or registered trademarks of Aviat Networks, Inc.
 Eclipse and Provision are trademarks or registered trademarks of Aviat U.S., Inc.
 © Aviat Networks, Inc. (2012) All Rights Reserved. Data subject to change without notice..._dplf_IDU6E3_ETSI_15/June12



CE06780



ANEXO D

ODU 600 - AVIAT



AVIAT ODU 600

The Aviat ODU 600 is the industry's first universal ODU with Flexible Power Mode (FPM) - providing software defined base or high power modes of operation in a single platform. This unique scalability allows operators to pay for the power they need, when they need it, improving product lifecycle costs that cannot be achieved by using discrete fixed power mode ODUs. The ODU 600 balances both performance and cost optimization for public or private network operators deploying packet and/or TDM services to fixed, nomadic or mobile devices.



HIGHLIGHTS

- Industry's first universal ODU to support software defined base and high power modes in a single ODU with Aviat Networks unique Flexible Power Mode (FPM) capability
- Highest transmit output power in its class of ODU across multiple frequency bands (6-42 GHz)
- Interoperates with the Eclipse™ ODU300 series to facilitate easy upgrade and evolution
- Compatible with the Eclipse IDU and INU transport and switching platforms
- Compact, power efficient design, with scalability up to 1024 QAM modulation
- Supports concurrent, ACM (Adaptive Coding & Modulation) & XPIC (Cross Pol. Interference Cancellation) operation
- Can be deployed in 1+0 unprotected, 1+1 MHSB (Monitored Hot Standby), 1+1 SD (Space Diversity) and 2+0 XPIC (Cross Pol. Interference Cancellation) configurations

PERFORMANCE & COST OPTIMIZATION USING FLEXIBLE POWER MODE

The Aviat ODU 600 is the first radio to be equipped with Flexible Power Mode (FPM) which delivers software-selectable base or high power modes of operation in the same unit. This allows operators to optimize costs AND performance. With FPM, operators can deploy a standard power radio initially, and upgrade to high power (licensed-based) only when needed, thereby reducing initial CAPEX spending. The inherent economy of a single-box flexible power solution also helps streamline OPEX, with acute benefits for sparring and inventory management. The overall impact is a lower total cost of ownership.

The Aviat ODU 600 delivers best-in-class output transmit power across multiple frequencies, making it a highly attractive and competitive platform that builds on Aviat Networks ongoing radio innovation leadership. Increased power provides the flexibility to adjust for increased availability, throughput and/or distance. This performance translates directly into reduced antenna sizes, thereby driving down equipment capex and the opex contribution of tower leasing and maintenance.

KEY FEATURES

- Operating frequencies 5, 5.8, L6/U6, 7/8, 11, 13, 15, 18, 23, 26, 38 and 42 GHz
- High throughput per T/R, per polarization:
 - Up to 462 Mbit/s data
 - Up to 127xDS1 or 4xDS3 or 1xOC-1
- Flexible Power Mode (FPM) for software defined base power and high power modes in the same unit
- Transport options- Carrier Ethernet, PDH/SDH/SONET or Hybrid (mixed-mode Carrier Ethernet + PDH/SDH/SONET) in a single radio channel
- Full 256QAM Adaptive Coding and Modulation (ACM) - scalable up to 1024 QAM
- Configurations available: NP, MHSB, MHSB SD, 2+0XPIC



ANSI DATASHEET
AVIAT ODU600

SYSTEM PARAMETERS

GENERAL						
Frequency Band Options						5, 5.8, L6/U6, 7, 8, 11, 13, 15, 18, 23, 26, 38 and 42 GHz
Capacity Range	Airlink Capacity					11 - 365 Mbit/s
	Ethernet/ IP Throughput					11 - 462 Mbit/s
Modulation Options	Native TDM					7-127xDS1; 1,3,4x DS3; 1xOC3
	Fixed/Adaptive					QPSK, 16, 32, 64, 128 and 256 QAM*
Channel Sizes						10, 20, 30, 40, 50 and 80 MHz
Configuration options						NP [1+0], Protected SB [1+1], Protected SB w/SD, XPIC
CONNECTORS						
IF Cable connector						N-Type
Antenna port Interface						Direct Antenna Mount
SYSTEM	5 GHZ	5.8 GHZ	L6/U6 GHZ	7/8 GHZ	11 GHZ	13 GHZ
Frequency Range, GHz	4.4-5.0	5.725 - 5.850	5.925 - 6.425 6.425 - 7.11	7.125 - 7.9 7.725 - 8.5	10.7 - 11.7	12.75 - 13.25
T-R Spacings supported, MHz	300, 312	84	252.04 340	150, 154, 161, 168, 175, 196, 245 119, 126, 151.614, 195, 208, 246, 300, 310, 311.32, 305.56, 360	490, 530	266
Maximum Tuning Range [dependent upon T-R spacing], MHz	56	56	56	56/140	165	84
SYSTEM	15 GHZ	18 GHZ	23 GHZ	26 GHZ	38 GHZ	
Frequency Range, GHz	14.4 - 15.35	17.7 - 19.7	21.2 - 23.632	24.52 - 26.483	37.0 - 39.46	
T-R Spacings supported, MHz	315, 420, 490, 640, 644, 728	1010, 1092.5, 1120	1008, 1200, 1232	1008	812	
Maximum Tuning Range [dependent upon T-R spacing], MHz	245	380	370	360	370	
TRANSMITTER SPECIFICATIONS						
Manual Transmitter Power Control range						0 - 25 dB
Automatic Transmitter Power Control						Configurable over full available manual attenuation range
Transmitter Mute						> 50 dB
RECEIVER SPECIFICATIONS						
Frequency Stability						± 5 ppm
Receiver Overload/Max Receiver Input Level	BER=1x10 ⁻⁴ /BER=1x10 ⁻³					-15 dBm / 0 dBm
Residual [Background] Bit Error Rate						10 ⁻¹³
STANDARDS COMPLIANCE						
EMC						FCC CFR47 Part 15
Operation						EN 300 019, class 4.1
Safety						UL60950-1, UL60950-22
RF Performance						FCC CFR47 Part 101
Water Ingress						IEC 60529 (IPx6)
Lightning Protection						Internal, compliant to IEC 61000-4-5, class 5
ENVIRONMENTAL						
Operating Temperature	Guaranteed					-27 to +131°F
	Extended					-58 to +131°F
Humidity	Guaranteed					100%
Altitude	Guaranteed					15000 ft.
ELECTRICAL AND MECHANICAL						
Power						< 40 Watts
Size						10.4 in x 10.4 in x 4.9in
Weight						11 lbs.

All specifications preliminary, and are typical values unless otherwise stated, and are subject to change without notice.

*1024QAM-ready, when supported by indoor unit

ANEXO E
IDU/ODU CERAGON



RFUs de FibeAir IP-10 y de FibeAir

Ethernet

Interfaces Ethernet Soportadas	5 x 10/100base-T (RJ45) 1 x 10/100/1000Base-T (RJ45) 1 x 1000base-X (SFP)
Tipo de SFP soportadas	1000Base-LX (1310 nm) or SX (850 nm) or 1000base-T
Latencia en el enlace del radio	< 0.15mSegundos @ 400 Mb/s
Tramas "Baby jumbo" soporta	Hasta 1632Bytes
Estándares Ethernet/IP soportadas	802.3 – 10base-T 802.3u – 100base-T 802.3ab – 1000base-T 802.3z – 1000base-X 802.3ac – Ethernet VLANs 802.1Q – Virtual LAN 802.1p – Class of Service 802.1ad – provider bridges (QinQ) ¹ 802.3x – flow control ¹ 802.3ad – link aggregation ¹ 802.1ag/Y.1731 – Ethernet OAM ¹ 802.1D – STP ¹ 802.1w – RSTP ¹ 802.1s – MSTP ¹ RFC 1349 – IP TOS RFC 2474 – IP DSCP

E1/T1

Tipo de Interfase	E1/T1
Número de puertos	16 por unidad (opcional)
Tipo de Conector	MDR 69-pin
Estructura	Unframed (transparencia completa)
Código	E1: HDB3 T1: AMI/B8ZS
Impedancia de línea	120 ohm/100 ohm balanceado. Módulo opcional 75 ohm desbalanceado.
Normas Compatibles	ITU-T G.703, G.736, G.775, G.823, G.824, G.828, ITU-T I.432, ETSI ETS 300 147, ETS 300 417, ANSI T1.105, T1.102-1993, T1.231, Bellcore GR-253-core, TR-NWT-000499

Medio Ambiente

Temperatura de Operación (Funcionamiento Garantizado)	RFU: -35°C a 55°C IDU: -5°C a 45°C
Humedad Relativa	RFU: hasta 100% (para operación en todo tipo de clima) IDU: hasta 95% (no-condensación)
Altitud	Hasta 4,500 m (15,000 ft)
Vibración del Sitio	0.1g at 5-200 Hz

Energía de Entrada

Alimentación Estándar	-48 VDC
Rango de entrada de CD	-40.5 to -59 VDC (hasta -57 VDC para Mercado USAt)
Alimentación Opcional	110-220 VAC

Consumo de Energía

Máxima energía consumida del sistema - RFU-P+IDU	1+0: 65W 1+1: 105W
Máxima energía consumida del sistema - RFU-SP+IDU	1+0: 80W 1+1: 130W
Máxima energía consumida del sistema - RFU-HP+IDU	1+0: 105W 1+1: 150W
Máxima energía consumida del sistema - RFU-C+IDU	1+0 con RFU-C 6-26 GHz: 47W 1+0 con RFU-C 28-38 GHz: 51W 1+1 con RFU-C 6-26 GHz: 84W

RFU

Dimensiones	RFU-P	diámetro 27 cm x 14 cm de fondo (diámetro 10.8" x 4.5" fondo) Peso: 8 kg/18 lbs
	RFU-SP	Altura 40.9 cm x 28.6 cm de ancho x 86 cm de fondo (16.1" x 11.2" x 33.8") Peso: 8 kg/18 lbs
	RFU-HP	Altura 49 cm x 14.4 cm de ancho x 28 cm de fondo (19" x 6" x 11") Peso: 7 kg/16 lbs
	RFU-C	20 cm x 20 cm x 8.5 cm (fondo) (7.7" x 7.7" x 3.2" fondo) Peso: 4 kg/9 lbs
Conexión de la Antena	Montaje directo o remoto usan el mismo tipo de antena. Montaje Remoto: guía de onda flexible estándar (depende de la frecuencia)	
Conexión a IP-10	Cable Coaxial RG-223 (100 m/300 ft), Belden 9914/RG-8 (300 m/1000 ft) o equivalente, conectores tipo N (macho)	

ANEXO F

ANTENA COMMSCOPE



HP4-71W/A

1.2 m | 4 ft High Performance Parabolic Shielded Antenna, single-polarized, 7.125–8.500 GHz

General Specifications

Antenna Type	HP - High Performance Parabolic Shielded Antenna, single-polarized
Diameter, nominal	1.2 m 4 ft
Polarization	Single

Electrical Specifications

Beamwidth, Horizontal	2.4 °
Beamwidth, Vertical	2.4 °
Electrical Compliance	ETSI Class 2
Gain, Low Band	36.0 dBi
Gain, Mid Band	36.6 dBi
Gain, Top Band	37.5 dBi
Operating Frequency Band	7.125 – 8.500 GHz
Radiation Pattern Envelope Reference (RPE)	0810A
Return Loss	23.1 dB
VSWR	1.15

Electrical Specifications (Band 2)

Front-to-Back Ratio	60 dB
---------------------	-------

Mechanical Specifications

Fine Azimuth Adjustment	±15°
Fine Elevation Adjustment	±20°
Mounting Pipe Diameter	115 mm 4.5 in
Net Weight	69 kg 152 lb
Side Struts, Included	1 inboard
Side Struts, Optional	1 inboard
Wind Velocity Operational	110 km/h 68 mph
Wind Velocity Survival Rating	200 km/h 124 mph

Wind Forces At Wind Velocity Survival Rating

Angle α for MT Max	-130 °
Axial Force (FA)	3158 N 710 lbf
Side Force (FS)	1546 N 348 lbf

Twisting Moment (MT)	1072 N•m
Weight with 1/2 in (12 mm) Radial Ice	356 kg 784 lb
Zcg with 1/2 in (12 mm) Radial Ice	524 mm 21 in
Zcg without Ice	335 mm 13 in

ANEXO G

SOFTWARE LICENCIADO PATHLOSS 5.0



PROGRAM DISTRIBUTION

The program is **only available as an internet download**. A serial number is required to download and to initialize the program once it has been installed. The program can be initialized online or by obtaining a key code from CTE. All operations are centered around the network display which provides a geographic layout of sites and links. The following backdrops are available in this display:

Geo-referenced imagery in bmp, png, jpg and tif file formats. The geo reference information can be obtained from external text files (Planet type), MapInfo tab files, directly from geo-tiff files or can be manually geo referenced directly in the program.

Vector data in ESRI shapefile or Planet formats. Elevation displays in a flat and shaded format. The elevation ranges, absolute- relative settings, colors, and transparency are completely configureable.

A 3 dimensional elevation display showing the Fresnel zone radius on links. Pan, zoom and the view point control allow the user to effectively fly along a path.

Clutter displays. The color legend and overall transparency are completely configureable Antenna heights.

NEW LINK DESIGN FEATURES

Antenna Heights. The antenna heights display now shows the Fresnel zones and earth radius factor as separate curves resulting in a more intuitive operation. The diffraction loss at the minimum expected value of K and a second user specified value of K can be displayed as the antenna heights are varied. Any combination of antenna heights can be analysed using either

the main or diversity clearance criteria. A minimum clearance can now be specified as part of the clearance criteria.

Transmission analysis. The transmission analysis section supports conventional microwave, adaptive modulation and land mobile radios. The automatic link design feature is available in this design section. All location dependant parameters are determined from the site coordinates and terrain roughness is automatically calculated.

Rain attenuation. The ITU-R P837-3 database is now included. Automatic rain calculations are carried out based on site coordinates for all rain data sources.

PATHLOSS SITE DATABASE

An ODBC interface (open database connectivity) is provided to connect to a user's database. The connection is defined by the ODBC drivers supplied with the users data base. The database consists of a predefined set of relational tables. Site and link data can be transferred between the database and the network display. In addition, the database can be used in interference calculations with links in the network display.

ANTENNA AND RADIO DATA FILES

Equipment files. A separate application, ant_rad.exe, is used to create and edit radio and antenna data files. This is included with the Pathloss program and is also available separately. There is no charge for this program. Version 4 used a directory search algorithm to locate the radio and antenna data files starting a user specified top level directory. In version 5, the radio - antenna codes (file name without the extension) are used as a key field in a lookup table. This means that the file names must be unique. The radio antenna code name lengths have

been increased from 15 characters to 47 characters. File naming strategy becomes an important issue in this arrangement.

Antenna files. The NSMA / TIA antenna ASCII file format is used as the source data for antenna data. Version 4 used separate binary antenna data (mas /vas) files for microwave antennas and for VHF-UHF applications. Version 5 uses a single binary file format (asd) for all antenna technologies. Version 5 can use version 4 antenna data files with no restrictions.

Rain fading. The following rain fade algorithms are available:

- ✓ Crane
- ✓ ITU-R P.530-7
- ✓ ITU-R P.530-8 /13
- ✓ ITU-R P.530-14
- ✓ The following sources of high intensity rain statistics data are included:
- ✓ ITU-R P.837-3
- ✓ ITU-R P.837-5
- ✓ ITU rain statistics files for regions A to Q
- ✓ Crane rain statistics files for regions A to G
- ✓ Public city rain data for North America (Digital Microwave Communications - George Kizer - Wiley)

Obstruction (K) fading. This algorithm automatically determines the value of K which results in a diffraction loss equal to the thermal fade margin and then determines the probability of this K using the following refractivity data sources:

- ✓ ITU-R P.453-7

- ✓ Public obstruction fading data for North America (Digital Microwave Communications - George Kizer - Wiley)

Diffraction Loss Algorithms.

- ✓ Single and multiple knife edge (Deygout / Epstein - Peterson)
- ✓ Isolated obstacle (radius)
- ✓ TIREM
- ✓ NSMA
- ✓ Longley-Rice
- ✓ Tropospheric scatter loss
- ✓ ATT average ($90 - 20(C/F1 + 4)$)
- ✓ Two ray optics

Ducting Analysis. Ray tracing techniques are used to simulate ducting using M profiles. These profiles are created using the ITU-R P.453-8 data base for surface and elevated ducts at the microwave path center coordinates.

Microwave Antenna Heights. The clearance requirements for antenna heights on microwave links are determined by clearance criteria consisting of:

- ✓ the earth radius factor K
- ✓ a percent of the first Fresnel zone radius
- ✓ a fixed height
- ✓ a minimum clearance value.

Two separate clearance criteria can be specified for both the main and diversity antennas to account for variations in K.