

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



IMPLEMENTACIÓN DE RADIOENLACES PARA EL SISTEMA DE
MONITOREO Y CONTROL DE RECLOSERS EN MEDIA TENSIÓN
EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA Y TUMBES

INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:
HENRY ELÍAS LAUREANO ZEVALLOS

PROMOCIÓN
2008-II

LIMA-PERÚ
2013

IMPLEMENTACIÓN DE RADIOENLACES PARA EL SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE RECLOSERS EN MEDIA TENSIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA Y TUMBES

A mis padres

A mi esposa

A mis condiscipulos y maestros

SUMARIO

El presente trabajo describe el diseño e implementación de radioenlaces para el sistema de monitoreo y control de reclosers en media tensión en el departamento de Piura y Tumbes.

Los casos de estudio mencionados, son presentados como parte de un proyecto integral en que abarcó muchas más “Unidades de Negocios”, denominadas así por la empresa de energía eléctrica ENOSA.

Cada UN (Unidad de negocios) consta de varias subestaciones y de un equipamiento denominado recloser, que es en sí un equipamiento automático de protección eléctrica de las instalaciones de distribución de energía. Estos equipos son capaces de transmitir varios parámetros así como de recibir comandos a distancia. Con la finalidad de brindar conectividad con las oficinas de control, se diseñó e implementó una solución de comunicaciones para el transporte de la información concerniente a las operaciones propias del sistema de monitoreo y control.

El informe de suficiencia se enfoca en los radioenlaces de la solución desarrollada no en el equipamiento de protección. En el informe se presenta la evaluación de las alternativas tecnológicas, luego de haberse realizado un adecuado análisis situacional. Así mismo se explica la metodología para el diseño, selección de equipamiento, instalación, montaje, configuración y puesta en operación, además de la estructura de costos y del cronograma de trabajos

INTRODUCCIÓN

El trabajo surge por la necesidad de brindar conectividad para el sistema de monitoreo y control de reclosers en media tensión de las Unidades de Negocio de la empresa ENOSA, mediante el diseño e implementación de radioenlaces.

La Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad ELECTRONOROESTE S.A., ENOSA, es una empresa de servicio público de electricidad que brinda energía eléctrica en los departamentos de Piura y Tumbes.

Los requerimientos de la empresa para el sistema son:

- Obtener información sobre el estado del recloser, por ejemplo su estado "Abierto/cerrado", o los valores analógicos de corriente, voltaje y potencia que maneja.
- La necesidad de comandar a distancia los contactos.

Las opciones de conectividad eran varias. Se evaluaron las de los enlaces VSAT, el uso de la tecnología GRPR, la fibra óptica, y el uso de enlaces inalámbricos y de repetidoras. De una evaluación en costos y alcance de la solución técnica, se determinó que se habilitarían radioenlaces en 5.8 GHZ (no licenciada) y el no uso de repetidoras.

Dado que en el informe de suficiencia se enfoca en la solución de conectividad, no se desarrollan se desarrolla lo correspondiente al funcionamiento del recloser ni del SCADA implementado. Además, dada la extensión del proyecto integral, el caso de estudio utilizado en el informe contempla solo el desarrollo de la solución para la UN (Unidad de Negocios) de la ciudad de Piura y la UN del departamento de Tumbes.

El informe contempla la descripción de los trabajos de instalación y montajes, así como de la configuración y pruebas. La dificultad del proyecto era la colocación del equipamiento necesario en postes de media tensión eléctrica. Por ello se tomaron precauciones extremas a fin de asegurar la salud e integridad de los operarios.

El informe se organiza en cuatro capítulos principales:

- Capítulo I "Planteamiento del problema".- En este capítulo se explica el problema de ingeniería y se precisan los objetivos del informe. También se hace una evaluación de la problemática y se establecen los alcances del informe desarrollado. También se expone el análisis situacional del caso de estudio. Se describe las UN, subestaciones, locaciones asignadas a los reclosers, imágenes, coordenadas y equipamiento existente.
- Capítulo II "Marco Teórico".- abarca cinco secciones en donde se evalúan varias alternativas tecnológicas: VSAT, GPRS, solución con enlaces inalámbricos y el uso de repeti-

doras, y fibra óptica.

- Capítulo III "Ingeniería de la Solución Proyectada".- abarca dos secciones:

- "Solución inalámbrica de Unidad de Negocio Piura".- En él se desarrolla la solución implementada en la Unidad de Negocios Piura. Se muestra la topología de la solución, el cálculo de los enlaces, montaje de equipamiento, configuración de enlaces y protocolo de prueba.

- "Solución inalámbrica de Unidad de Negocio Tumbes".- En él se desarrolla la solución implementada en la Unidad de Negocios Tumbes. Los ítems desarrollados son similares a los de la sección previa.

- Capítulo IV "Presupuesto y Cronograma".- Se presenta la estructura de costos y los trabajos realizados para el proyecto global

El informe se complementa con algunos anexos que contienen información relevante al proyecto realizado.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo se explica el problema de ingeniería y se precisan los objetivos del informe. También se hace una evaluación de la problemática y se establecen los alcances del informe desarrollado.

1.1 Descripción del problema

Necesidad de la Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad ELECTRO-NOROESTE S.A. de contar con información en tiempo real del estado de los equipos automáticos de protección eléctrica (recloser) distribuidos en su zona de influencia, Piura, Sullana, Sechura, Paita, Sucursales, Talara, Tumbes, denominados Unidades de Negocio (UN).

La empresa también requiere comandar a distancia dichos equipos parara ciertas condiciones especiales.

1.2 Objetivos del trabajo

Brindar conectividad para el sistema de monitoreo y control de reclosers en media tensión de las Unidades de negocio mediante el diseño e implementación de radioenlaces.

El caso de estudio utilizado en el informe contempla el desarrollo de la solución para la UN de la ciudad de Piura y el departamento de Tumbes.

1.3 Evaluación del problema

El recloser es un equipo automatizado, diseñado para proteger las redes de distribución eléctrica e instalarse en lugares altos tales como postes y también en las mismas Subestaciones Eléctricas. Su voltaje de operación es igual o mayor a 14.4 kV y las corrientes de operación mayores a 100 A. Cuando ocurre una falla en la red este equipo aísla temporalmente la falla, luego reconecta el servicio y si la falla continúa, éste realiza una cantidad preestablecida de desconexiones, quedando finalmente abierto y bloqueado.

Los requerimientos de la empresa no solo se enfocan a obtener información sobre el estado del recloser, por ejemplo su estado "Abierto/cerrado", o los valores analógicos de corriente, voltaje y potencia que maneja. El requerimiento también incluye la necesidad de comandar a distancia los contactos.

La Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad ELECTRONOROESTE S.A., ENOSA, es una empresa de servicio público de electricidad de economía mixta que pertenece al Grupo DISTRILUZ, y que atiende el servicio de energía eléctrica en Piura y Tumbes.

Con el objetivo de seguir mejorando la calidad del servicio, ENOSA viene desarrollando su Programa de Inversiones para afianzar, ampliar y modernizar sus Subestaciones de potencia y principales Alimentadores de Media Tensión.

Dentro del Programa de Inversiones, realizó el reemplazo de los equipos de protección que ya habían cumplido su vida útil o que se encontraban obsoletos tecnológicamente y venían operando en sus Subestaciones.

En sí, los alimentadores en Media Tensión (22.9, 13.8 y 10 kV) contaban con seccionadores-fusibles, tipo Cut-Out, como función de equipo de maniobra y protección de los Alimentadores en tramo de la Línea, nodos, bifurcación de Línea; cuya operación no era adecuada ni confiable, hecho que afectaba el servicio cuando ocurrían perturbaciones en una derivación o parte de la Línea, perjudicando a todo el Alimentador y consecuentemente la calidad del servicio de los clientes.

Los nuevos equipos de protección del sistema eléctrico de ENOSA son de última generación y fueron seleccionados para poder ser integrados con el SCADA del CCO (Centro de Control y Operaciones), y el Sistema de Monitoreo y Control de los equipos de protección y medición.

Las UN (Unidades de Negocio) mencionadas están distribuidas según lo mostrado en la Figura 1.1.

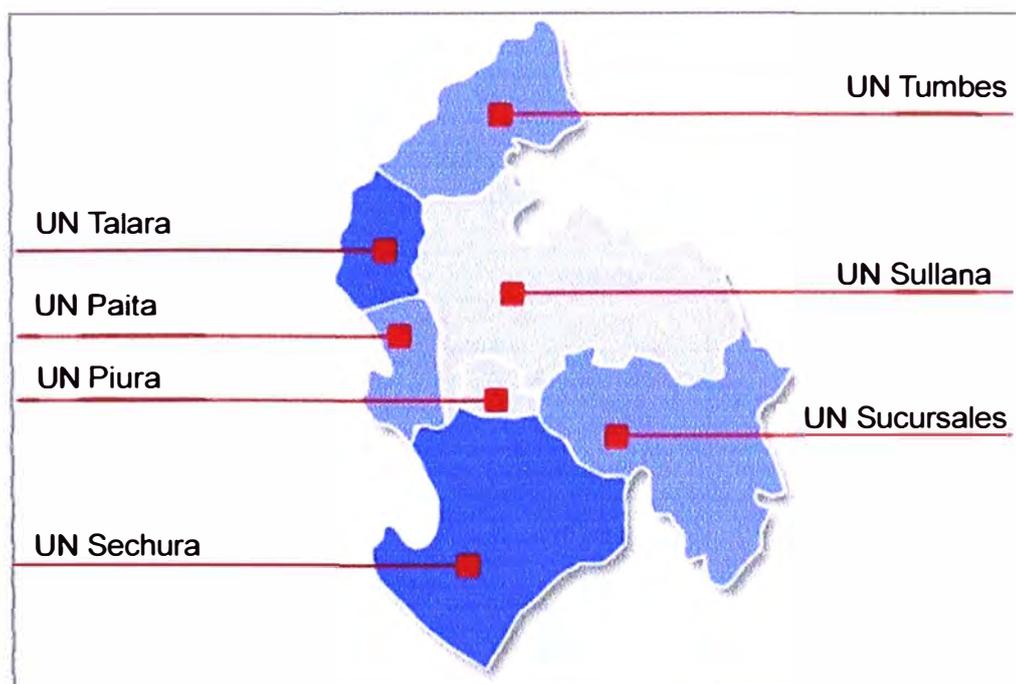


Figura 1.1 Unidades de Negocio Electronoroeste (Fuente: ENOSA)

La Tabla 1.1 resume el área de concesión y el número subestaciones

Tabla 1.1 Área de concesión y número de Subestaciones (Fuente: ENOSA)

Descripción	Sechura	Paita	Sucursales	Talara	Tumbes	Sullana	Piura	Total
Área Concesión	25	17	42	130	217	64	82	577
Subestaciones	171	240	190	249	417	535	848	2,650

Para asegurar la conectividad se evaluó las posibles soluciones a implementar. Debido a aspectos de rentabilidad, se prefirieron los radioenlaces respecto a la fibra óptica, aspecto que se desarrolla en el presente informe.

A continuación se hace el análisis situacional del caso de estudio. Se describe las UN, subestaciones, locaciones asignadas a los reclosers, imágenes, coordenadas y equipamiento existente.

1.3.1 Estudio Piura

La Tabla 1.2 describe la localización de las oficinas y subestaciones de Piura así como de los equipos denominados reclosers. El sistema de coordenadas es WGS84, grados decimales.

Tabla 1.2 Ubicación de locaciones (Fuente: Estudio Técnico)

Lugar	Designación	Latitud	Longitud
Subestación	SE Piura Centro	-5.1833	-80.6358
	SE Castilla	-5.1918	-80.6156
Recloser	R6A	-5.1957	-80.6275
	R2A	-5.2002	-80.6271
	R5	-5.1951	-80.6306
	R12	-5.1825	-80.6359
	R7	-5.1861	-80.6687
	R8	-5.1888	-80.6660
	R9	-5.1921	-80.6569
	R4	-5.1829	-80.6235
	R3	-5.1940	-80.6244
	R13	-5.201128	-80.624
	R14A	-5.215397	-80.6241
	R10	-5.204875	-80.6206
R44A	-5.1823	-80.6294	

La Figura 1.2 resume las locaciones de las subestaciones y de los reclosers. Puede notarse que se ha coloreado en dos tonalidades (amarillo y fucsia) para indicar a que Subestación los reclosers se encuentran relacionados.



Figura 1.2 Subestaciones y reclosers en Piura (Fuente: Elaboración Propia)

Para ilustrar mejor las condiciones del área de estudio, a continuación se presentan imágenes de las SE y de las locaciones asignadas para los reclosers (Figuras 1.3 a 1.11).



Figura 1.3 SE Piura Centro (Fuente: Elaboración propia)



Figura 1.4 SE Castilla (Fuente: Elaboración propia)



Figura 1.5 Recloser R7 y R8 (Fuente: Elaboración. Propia)



Figura 1.6 Recloser R9 y R14E(Fuente: Elaboración Propia)



Figura 1.7 Recloser R10 y R2A(Fuente: Elaboración Propia)



Figura 1.8 Recloser R13 y R5(Fuente: Elaboración Propia)

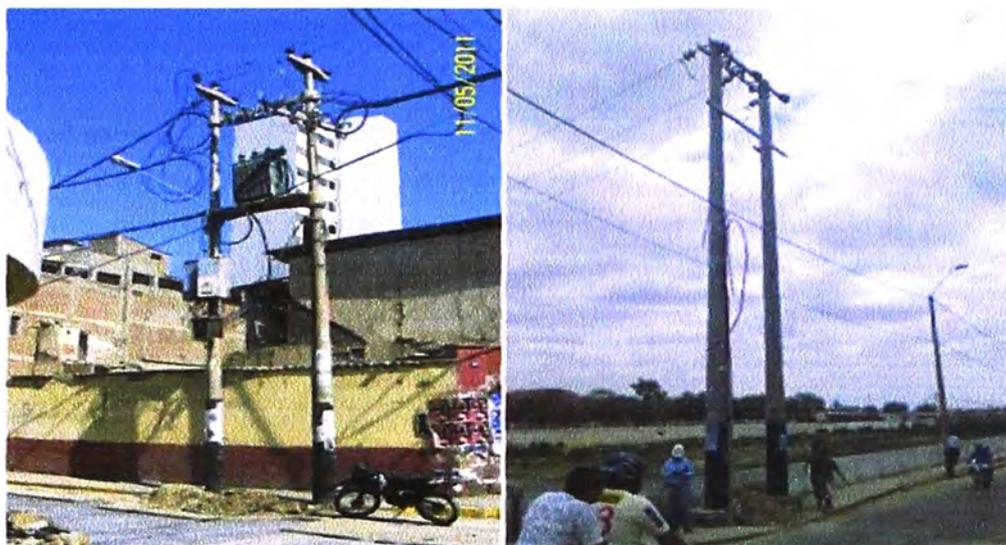


Figura 1.9 Recloser R6A y R3(Fuente: Elaboración Propia)



Figura 1.10 Recloser R12 y R4(Fuente: Elaboración Propia)



Figura 1.11 Recloser R44A(Fuente: Elaboración Propia)

El equipamiento existente, previo a la solución, se lista en la Tabla 1.3 y 1.4. Esta información inicial fue obtenida de las visitas e información adicional de ENOSA, y permitió definir el equipamiento a suministrar.

Tabla 1.3 Equipamiento existente SE Piura Centro (Fuente: Estudio Técnico)

	Descripción	Nota
Interconectado a la WAN Corporativa	Si	-----
Torre de telecomunicaciones	Torre ventada de 24 m	Sobre 2 piso
Alimentación 220 VAC	Si	Disponible 48VDC
Tablero de Telecomunicaciones	Si	Ubicado en el 1° piso
Switch	No	-----

Tabla 1.4 Equipamiento existente SE Castilla (Fuente: Estudio Técnico)

	Descripción	Nota
Interconectado a la WAN Corporativa	Si	-----
Torre de telecomunicaciones	Torreventada de 15 m	Sobre techo de sala
Alimentación 220 VAC	Si	Disponible 110 VDC
Tablero de Telecomunicaciones	Si	-----
Switch	Equipo con interfaces disponibles	Espacio disponible en tablero

1.3.2 Estudio Tumbes

A continuación se describe la localización de las oficinas y subestaciones de Tumbes (Tabla 1.5), así como de los reclosers. El sistema de coordenadas es WGS84, grados decimales.

Tabla 1.5 Ubicación de locaciones (Fuente: Estudio Técnico)

Lugar	Designación	Latitud	Longitud
Subestación	SE Tumbes	-3.575356	-80.44756
	Of. Tumbes	-3.569039	-80.4582
	SE Pto Pizarro	-3.525867	-80.38197
	SE Zarumilla	-3.510342	-80.28055
Recloser	R42	-3.623797	-80.55668
	R43	-3.639438	-80.59294
	R37A	-3.555943	-80.47855
	R36	-3.573005	-80.23468

La Figura 1.12 resume las locaciones: Las subestaciones y los reclosers. Puede notarse que se ha coloreado en dos tonalidades (amarillo, rojo, celeste y verde) para de esa manera indicar a que Subestación los reclosers se encuentran relacionados.

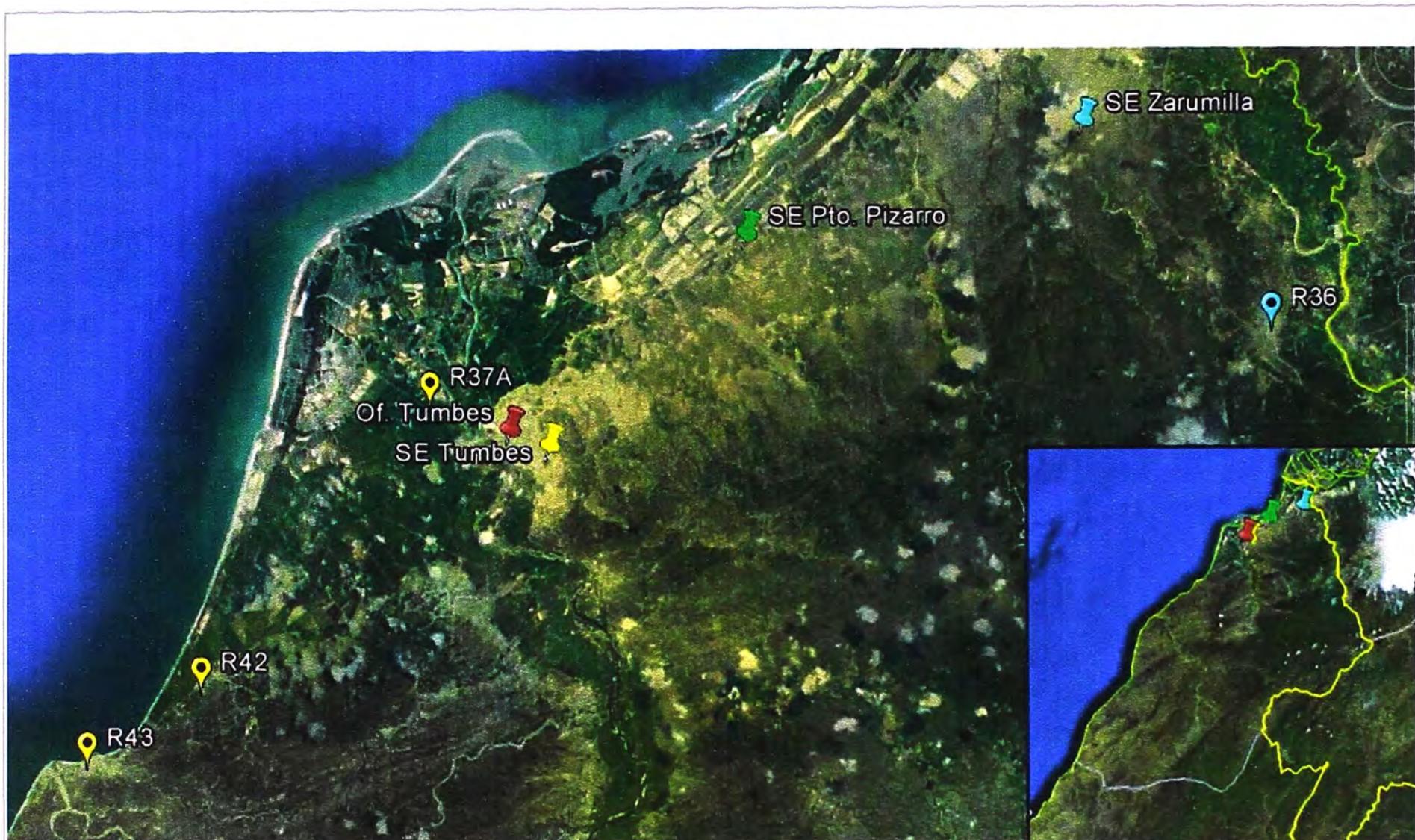


Figura 1.12 Subestaciones y reclosers en Piura (Fuente: Elab. Propia)

Para ilustrar mejor las condiciones del área de estudio, a continuación se presentan imágenes de las SE y de las locaciones asignadas para los reclosers (Figuras 1.13y 1.14.



Figura 1.13 Recloser R36 y R37A (Fuente: Elaboración Propia)

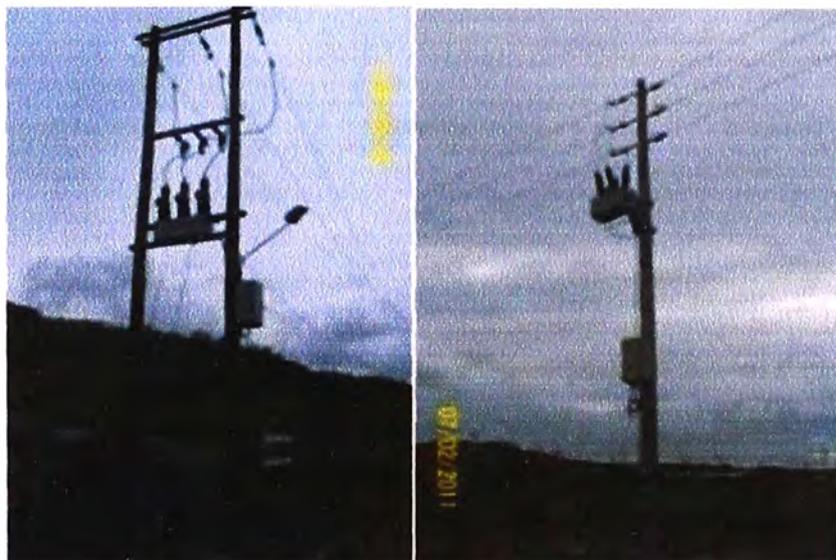


Figura 1.14 Recloser R42 y R43 (Fuente: Elaboración Propia)

El equipamiento existente, se lista a continuación. Esta información inicial, tomada de las visitas e información adicional de ENOSA, permitió definir el equipamiento a suministrar (Tabla 1.6 a 1.9).

Tabla 1.6 Equipamiento existente Of. Tumbes (Fuente: Estudio Técnico)

	Descripción	Nota
Interconectado a la WAN Corporativa	Si	
Torre de telecomunicaciones	Torre ventada de 36 m	Sobre 2 piso
Alimentación 220 VAC	Si	
Tablero de Telecomunicaciones	Si	-
Switch	Equipo con interfaces disponibles	

Tabla 1.7 Equipamiento existente SE Tumbes (Fuente: Estudio Técnico)

	Descripción	Nota
Interconectado a la WAN Corporativa	Si	-
Torre de telecomunicaciones	Torreventada de 36 m	-
Alimentación 220 VAC	Si	220VAC y 110 VDC
Tablero de Telecomunicaciones	Si	-
Switch	Equipo con interfaces disponibles	Espacio disponible en tablero

Tabla 1.8 Equipamiento existente SE Zarumilla (Fuente: Estudio Técnico)

	Descripción	Nota
Interconectado a la WAN Corporativa	No	-
Torre de telecomunicaciones	Torre ventada de 18 m	-
Alimentación 220 VAC	No	110VDC
Tablero de Telecomunicaciones	No	-
Switch	No	-

Tabla 1.9 Equipamiento existente SE Puerto Pizarro (Fuente: Estudio Técnico)

	Descripción	Nota
Interconectado a la WAN Corporativa	No	-
Torre de telecomunicaciones	Torre ventada de 15 m	Sobre techo de la sala
Alimentación 220 VAC	No	110VDC
Tablero de Telecomunicaciones	No	-
Switch	No	-

1.4 Alcance del trabajo

Dado que el proyecto es amplio, en este informe se desarrolla un caso de estudio para ilustrar la metodología utilizada en la solución.

Se ha seleccionado la UN Piura y la UN Tumbes como caso de estudio, Cada UN consta de varias subestaciones y a cada estación concurren varios recloser (Tabla 1.10).

Tabla 1.10 Subestaciones y reclosers del caso de estudio (Fuente: Elaboración Propia)

Unidad de Negocio	Subestaciones	Cantidad de Reclosers
Piura	Piura Centro	6
	Castilla	7
Tumbes	Tumbes	3
	Zarumilla	1
	Puerto Pizarro	Repetidor

El informe incluye el análisis de propagación electromagnética, definición de espectros, programación de ajustes, pruebas y puesta en servicio de la solución de telecomunicaciones.

Los cálculos efectuados en el presente Estudio están basados en las siguientes normas internacionales:

- ITU-R P.530 [1]
- ITU-R P.1106 [2]
- ITU-R P.1407 [3]
- ITU-R P.1411 [4]

La herramienta de diseño utilizada fue el PathLoss.

En el informe no se desarrolla lo correspondiente al funcionamiento del recloser ni del SCADA implementado.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

En este capítulo se analiza la solución proyectada/implementada comparando los aspectos teóricos más resaltantes de cada solución, es decir: la capacidad de las tecnologías, su disponibilidad en la zona de aplicación del caso de estudio y el costo de las mismas.

Para la solución de conectividad se evaluaron varias alternativas las cuales se desarrollan en la presente Capítulo: VSAT, GPRS, solución con enlaces inalámbricos y el uso de repetidoras, fibra óptica.

2.1 VSAT

Los sistemas VSAT son especialmente útiles cuando los equipos a controlar son dispersos y virtualmente no existen redes de comunicaciones terrestres hacia esos lugares. Los sistemas VSAT son diseñados para proporcionarse servicio de datos. Generalmente son sistemas geoestacionarios y ofrecen cobertura continua sobre un área particular sobre la superficie terrestre.

Mientras que los sistemas antiguos usaban la banda C (6/4GHz), los sistemas actuales emplean la banda Ku (14/12 GHz) y la banda Ka (30/32 GHz). Un costo aproximado de esta solución, consultado a la empresa Gilat, es la siguiente:

Tabla 2.1 Costo del Sistema VSAT (Fuente: Gilat)

	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo
1	Servicio Mensual INET 128/64 Kbps PREMIUM	1	Und.	S/. 840.00
2	Servicio de Instalación Estación VSAT	1	Und.	S/. 2,798.00
3	Sistema Pararrayo necesario	1	Und.	S/. 4,200.00
TOTAL (SUMINISTRO E INSTALACIÓN + PRIMER MES) SIN IGV:				S/. 7,838.00
MENSUALIDAD:				S/. 840.00

Es necesario recalcar que dicha propuesta eran para contrato de 06 meses, y los equipos son entregados en calidad de custodia.

2.2 GPRS

Siglas de "General Packet Radio Service" (GPRS). En años recientes, con la progresiva implementación de conmutación de paquetes sobre redes móviles

(GPRS/UMTS/EDGE), un rango nuevo de posibilidades se han abierto que las hacen viable para operaciones de telecontrol. Por otro lado, se ofrece un servicio TCP/IP, el cual garantiza la recepción del tráfico y también la naturaleza de la conexión permanente. Adicionalmente opuesto a la conmutación de circuitos que tarifa por tiempo de conexión, esta solución es bastante atractiva.

La particularidad de telecontrol es que estaban diseñadas para un bajo BER (Tasa de bit de error), latencia imperceptible, requerimientos de temporización, y un medio físico libre de errores.

Las exigencias anteriores, son muy diferentes a las del canal de comunicación GPRS, donde la latencia puede alcanzar hasta 200 ms por enlace (UMTS-Universal Mobile Telecommunications System), 500-700ms (GPRS) y hasta varios segundos sobre una red congestionada. Aunque el BER es muy alto en tráfico de radio, la modulación y codificación aseguran que el tráfico sea libre de errores.

La pérdida de tramas es muy común, sin embargo, el TCP/IP se ocupa de recuperarlas en el orden apropiado después de unos segundos.

El GPRS permite transmisión de paquetes hasta velocidades de 9 a 40Kbps (uplink) y 9 a 80 Kbps (downlink), esta tecnología por tanto es asimétrica en términos de velocidad de datos. Existen tecnologías mejorada como el EDGE el cual permite velocidades de hasta 236Kbps (downlink) y 60Kbps up link.

Algunos alcances de las tecnologías utilizadas por la empresa de servicios Claro:

- General Packet Radio Service (GPRS). -Servicio general de paquetes vía radio, es una extensión del Sistema Global para Comunicaciones Móviles (Global System for Mobile Communications o GSM) para la transmisión de datos no conmutada (o por paquetes). Permite velocidades de transferencia de 56 a 144 kbps.
- EDGE es el acrónimo para Enhanced Data rates for GSM of Evolution (Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM).- También conocida como EGPRS (Enhanced GPRS). Es una tecnología de la telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 3G. EDGE se considera una evolución del GPRS (General Packet Radio Service). Esta tecnología funciona con redes GSM. Aunque EDGE funciona con cualquier GSM que tenga implementado GPRS, no todos los teléfonos móviles soportan esta tecnología.
- Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (Universal Mobile Telecommunications System - UMTS).- Es una de las tecnologías usadas por los móviles de tercera generación (3G, también llamado W-CDMA), sucesora de GSM, debido a que la tecnología GSM propiamente dicha no podía seguir un camino evolutivo para llegar a brindar servicios considerados de Tercera Generación.

- La tecnología HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) es la optimización de la tecnología espectral UMTS/WCDMA, incluida en las especificaciones de 3GPP release 5 y consiste en un nuevo canal compartido en el enlace descendente (downlink) que mejora significativamente la capacidad máxima de transferencia de información pudiéndose alcanzar tasas de hasta 14 Mbps (en Perú 1.5Mbps). Soporta tasas de throughput promedio cercanas a 1 Mbps.

Actualmente el operador Claro brinda cobertura 3G en algunas zonas utilizando la tecnología UMTS o HSDPA y en otras sólo la tecnología 2G utilizando tecnología GPRS, con velocidades de 1.5 Mbps para UMTS y 115 Kbps para GPRS donde se asegura al usuario el 10%. Para dar un costo aproximado de esta solución, se considera el tipo de plan que existe en la actualidad y el costo del equipo Celular Modem (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Costo del Sistema GPRS (Fuente: Telefónica)

	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo
1	Plan Modem Ilimitado 700 Kbps.	1	Pack	S/. 99.00 por mes
2	Radio Modem, antena Tri-Band, cable 18 pies, soporte dual HSDPA/GPRS + instalación	1	Pack	S/. 5000.00
TOTAL SUMINISTRO E INSTALACIÓN SIN IGV + PRIMER MES:				S/. 5099.00
MENSUALIDAD:				S/. 99.00

A continuación se detalla el tipo de cobertura y la distancia hasta el nodo más cercano (Nodo B) del operador Claro de los puntos críticos en el estudio (Tabla 2.3):

Tabla 2.3 Cobertura Red Claro (Fuente: Claro)

Localidad	Código	Latitud	Longitud	Cobertura	Distancia (Km)
Piura	SE Piura	-5.183319	-80.63583	3G	0.5
Tumbes	R40	-3.709584	-80.7226	3G	5
Tumbes	R41	-3.708715	-80.7214	3G	5.2
Sullana	R31A	-4.63452	-79.9509	2G	14
Sullana	R32A	-4.661339	-80.2388	3G	5
Sullana	SE Quiroz	-4.667522	-79.88991	No	No
Sullana	SE Poechos	-4.683836	-80.52505	2G	5
Sucursales	SE Morropón	-5.192601	-79.993	3G	4
Sucursales	SE Loma Larga	-5.417204	-79.6546	2G	8
Sucursales	R52E	-5.17332	-79.9612	3G	0.8
Sucursales	R53E	-5.378312	-79.5851	2G	1
Sucursales	R29	-5.579713	-79.518	2G	3

Para distancias mayores a 5Km, Claro no recomienda este tipo de instalación ya que

la potencia de las antenas es muy débil y producirá que los tiempos de respuesta sean muy elevados (delay).

2.3 Fibra óptica

La fibra óptica se emplea como un medio para transmisión de la información. Las ventajas de las comunicaciones por fibra óptica son:

- Ancho de banda: la capacidad potencial de transportar información crece con el ancho de banda del medio de transmisión y con la frecuencia de portadora.
- Bajas pérdidas: las pérdidas indican la distancia a la cual la información puede ser enviadas. En un cable de cobre, la atenuación crece con la frecuencia de modulación. En una fibra óptica, las pérdidas son las mismas para cualquier frecuencia de la señal hasta muy altas frecuencias.
- Inmunidad electromagnética: la fibra no irradia ni es sensible a las radiaciones Electromagnéticas, ello las hace un medio de transmisión ideal cuando el problema a considerar son las EMI.
- Seguridad: Es extremadamente difícil intervenir una fibra, y virtualmente imposible hacer la Intervención indetectable, por ello es altamente utilizada en aplicaciones militares.
- Bajo peso: Un cable de fibra óptica pesa considerablemente menos que un conductor de cobre.

El empleo de fibra óptica posibilita el aumento de distancias de transmisión y satisface las crecientes necesidades de ancho de banda.

Los cables están disponibles en una amplia variedad de fibras ópticas, tanto multimodo (transmisores LED y VCSEL) como monomodo (transmisores LASER), así como fibras ópticas plásticas (FOP) y PCF para aplicaciones de baja velocidad y corta distancia.

El precio aproximado de la fibra óptica se detalla a continuación

Tabla 2.4 Costo Fibra óptica (Fuente: Estudio Técnico)

	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo/metro
1	Fibra monomodo de 12 hilos + ferretería e instalación.	1	m.	S/. 19.50
TOTAL SUMINISTRO E INSTALACIÓN POR METRO SIN IGV:				S/. 19.50

2.4 Solución de enlaces inalámbricos y el uso de repetidoras

Una solución inalámbrica satisface con eficiencia a las empresas que requieren la implementación de soluciones de conectividad de gran capacidad y largo alcance. Para enlaces donde no existe línea de vista es necesario el uso de repetidoras, la ubicación de las mismas se determina mediante visitas en campo y con el apoyo de algún software especializado (por ejemplo. Radio Móvil, Path Loss, etc.) para verificar la línea de vista en

el enlace y así determinar la altura de torres.

Una solución inalámbrica punto a punto en banda no licenciada, como es la de 5.8GHz, es la más indicada porque no depende de ningún operador para su utilización.

El uso de esta solución a través de repetidoras se da cuando no existe línea de vista para el enlace. La dificultad para el uso de las repetidoras radica en varios aspectos:

- Seguridad: Por lo general las repetidoras se ubican en lugares alejados, sin vigilancia y donde los equipos están expuestos a ser sustraídos.
- Accesibilidad: Las repetidoras podrían llegar a ubicarse en zonas muy alejadas e inhábtables, donde el acceso de las mismas es complicado.
- Permisos: el espacio o terreno, para implementar el uso de una repetidora, tiene que contar con el permiso de alguna autoridad de la zona o alquilar el terreno o adquirir la propiedad.

El costo aproximado para la instalación de una repetidora se muestra en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Costo Repetidora (Fuente: Estudio Técnico)

	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo
1	Sistema Solar + Sistema de Pararrayos + Sistema Puesta a Tierra + Torre de 21m auto soportada + Servicio de instalación del Sistema en general.	1	Pack	\$/ 58,300.00
2	Kits de dos (02) Radios Ethernet inalámbrico, banda 5.8GHz, Tx Power 16dBm, Ganancia de antena 22dBi, doble puerto Ethernet, accesorios de montaje, cableado e instalación.	1	Und.	\$/ 15,800.00
TOTAL SIN IGV:				\$/ 74,100.00

Lo anterior no incluye la compra o alquiler del terreno, cerco perimétrico, accesos ni ningún sistema de vigilancia, el cliente debe comprometerse con los permisos de ley para la instalación de este sistema.

2.5 Conclusión de análisis

Dadas las condiciones de las soluciones tecnológicas evaluadas para esta zona geográfica, se opta por implementar la solución basado en el uso de radioenlaces en banda no licenciada (5.8 GHz) omitiendo el uso de repetidoras. La tecnología aplicada supera ampliamente el ancho de banda (capacidad de transferencia de datos) requerido de 200 Kbps y el mínimo retardo en la transferencia de la información (500 ms) estipulado por la empresa contratante de acuerdo al modelo de recloser.

En resumen: El VSAT es muy caro y es imposible instalar en un poste dentro o fuera de la ciudad sin involucrar la adecuación de un ambiente especial que la albergue (losa, puesta a tierra, etc.).

El GPRS no asegura los requerimientos de telecontrol necesarios para el sistema de monitoreo y control debido a la cobertura en la zona y el excesivo retardo que se produce inesperadamente, además necesita contratarse dicho servicio a un operador.

Por otra parte, la Fibra óptica es costosa (uso de canales, ductos, o tendido).

CAPÍTULO III INGENIERÍA DE LA SOLUCIÓN PROYECTADA

Este capítulo se enfoca en detallar la solución inalámbrica para las Unidades de Negocio Piura y Tumbes

3.1 Solución inalámbrica de la Unidad de Negocio Piura

En la presente sección se desarrolla la solución implementada en la UN Piura.

3.1.1 Topología de la solución

Para el cálculo del enlace se utilizó la herramienta Link Budget (determinación de modelo de equipo), mientras que para el cálculo de la zona de Fresnel, se utilizó la herramienta Path Loss. Explicación teórica sobre los cálculos matemáticos de estos factores se encuentra en el anexo A.

La Figura 3.1 ilustra de los enlaces implementados, mientras la Tabla 3.1 lista los enlaces y la distancia existente en ellas. Para un mayor detalle de la topología se puede consultar el Anexo B “Esquema General de Comunicaciones UN Piura”

Tabla 3.1 Relación de enlaces y distancias (Fuente: Elaboración. propia)

Enlace	Distancia (Km)
SE Castilla hacia R4	1.32
SE Castilla hacia R3	1.01
SE Castilla hacia R13	1.39
R10 hacia R14A	1.23
SE Castilla hacia R10	1.55
SE Piura hacia R44A	0.72
R6A hacia SE Castilla	1.39
R2A hacia SE Castilla	1.58
R12 hacia SE Piura	0.09
R9 hacia SE Piura	2.53
R9 hacia R8	1.07
R7 hacia R8	0.42
SE Piura hacia R5	1.43

Los aspectos referentes al diseño de los enlaces, al equipamiento utilizado y a su configuración son tratados en las siguientes secciones.



Figura 3.1 Topología de la solución inalámbrica Unidad de Negocios Piura (Fuente: Path Loss, Google Earth)

La Tabla 3.2 lista los tipos de equipamiento de radio usados para los enlaces:

Tabla 3.2 Tipo de equipamiento utilizado en los enlaces (Fuente: Elaboración. propia)

Tipo o modelo de Radio	Capacidad de distancia de Enlace	Potencia (regulable) de Transmisión máxima	Opción de Sincronismo
MDS Intrepid Wireless Link	< 4.5 Km.	≤ 16dBm	No
MDS Intrepid Wireless Link-HE	< 9 Km.	≤ 23dBm	Si
MDS Intrepid Wireless Link-HE Con antenaExterna*	> 9 Km.	≤ 23dBm	Si

* EL equipo con antena externa no fue utilizado en la UN Piura (si en la UN Tumbes)

3.1.2 Diseño de enlaces

En esta sección se desarrollan los tópicos relacionados al diseño de los enlaces de la solución ya listados en la Tabla 3.1

a. Enlace SE Castilla hacia R4

A modo de ejemplo, en esta sección se describe el uso del programa Link Budget [5]. Para el presente enlace se muestra los resultados en la Figura 3.2.

The screenshot shows the Link Budget tool interface with the following fields and values:

- Product:** WL1000-ODU/F58/FCC/INT
- Channel / RFP / Frequency:** 5 MHz / Auto / 5.8 GHz
- Rate:** 3 Mb/s (QPSK 0.5)
- Tx Power:** 14 dBm [4 - 16]
- Tx Antenna Gain:** 22 dB
- Rx Antenna Gain:** 22 dB
- Cable Loss:** 0 dB
- Fade Margin:** 6 dB
- Tx Power EIRP:** 36 dBm / 4 Watt
- Min Range:** 0.1 Km / 0.1 Miles
- Max Range:** 54.8 Km / 34.1 Miles
- Expected Performance:**
 - Distance/Climate:** 1.32 Km / Coordinates / Good (C=0.25)
 - Expected RSS / Fade Margin:** -52 dBm / 38 dB
 - Services:** Ethernet Only @ 100% availability (downtime 0 min/year)
 - Ethernet Rate (Full Duplex):** 1.1 Mb/s @ Ethernet Only
 - Recommended antenna height:** 2 Meter / 7 Feet

Buttons: Calculate, Help

Figura 3.2 Herramienta Link Budget (Fuente: Radwin)

Preliminarmente se selecciona el modelo del radio a utilizar para el radioenlace (MDS Intrepid WL o MDS Intrepid WL-HE con antena integrada o externa) y la frecuencia a la que va a operar. Luego se ingresa el valor de la distancia del enlace a establecer (en este caso 1.32 Km.) o en su defecto las coordenadas de las mismas, además de las condiciones climáticas. El valor de la potencia de transmisión también es seleccionable y puede variar desde 4 dBm hasta 16 dBm para el modelo WL y hasta 23 dBm para el WL-HE. Los valores de ganancia de antena son iguales y corresponden al modelo de equipo seleccionado (22 dB para antenas integradas y valor variable para antenas externas). Se considera que la pérdida del cable es 0 dB para los radios con antenas integradas y 1 dB para radios con antena externa. La potencia total irradiada no debe sobrepasar lo indicado por las regulaciones del MTC (máximo 36 dBm EIRP en zona urbana).

La tasa de transferencia de datos (ancho de banda digital) también es un valor seleccionable, sin embargo para este caso el tráfico no es crítico debido a los bajos requerimientos para el telecontrol (200 Kbps) por lo cual se optó por colocar 3 Mbps con una modulación QPSK 1/2 para el caso de estudio. El margen de desvanecimiento también corresponde a las características del equipo de radio.

Con ello finalmente se obtiene el RSS (Received signal strength) y el margen de desvanecimiento (-52 dBm/38 dB), la tasa de Ethernet Full dúplex (1.1 Mbps) y la altura mínima de antena recomendada (2 metros).

Como se mencionó, esta herramienta permite establecer si el equipamiento propuesto cumple con las expectativas de rendimiento para el enlace del caso de estudio. El mismo procedimiento fue realizado para cada uno de los siguientes enlaces. Por otro lado, al utilizar la herramienta Path Loss, se procede a la introducción de parámetros similares y los resultados son proporcionados tanto de manera gráfica como tabular.

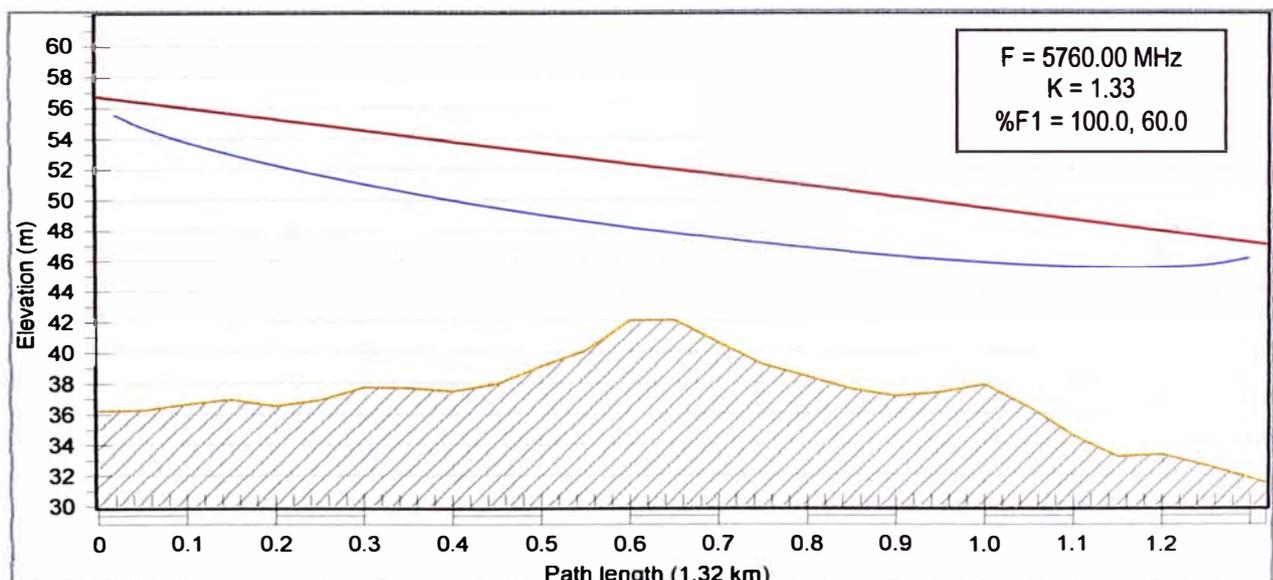


Figura 3.3 Zonas de Fresnel enlace SE Castilla hacia R4 (Fuente: Path Loss)

Tabla 3.2 Datos proporcionados para enlace SE Castilla hacia R4 (Fuente: Path Loss)

Parámetro	SE Castilla	R4
Latitud	05 11 30.48 S	05 10 58.44 S
Longitud	080 36 56.16 W	080 37 24.60 W
Azimuth verdadero (°)	318.33	138.33
Ángulo vertical (°)	-0.43	0.42
Elevación	36.21	31.49
Ganancia de antena (dBi)	22.00	22.00
Altura de antenas (m)	20.50	15.50
Frecuencia (MHz)	5760	
Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	1.32	
Pérdida en el espacio libre (dB)	110.07	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.01	
Pérdida de trayectoria neta	66.08	66.08
Potencia Tx (dBm)	14.00	14.00
EIRP (dBm)	36.00	36.00
Nivel de umbral de recepción	-90.00	-90.00
Señal de recepción	-52.08	-52.08
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	37.92	37.92
Margen de desvanecimiento dispersivo	38.00	38.00
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	2.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	33.20	33.20
Factor C	2.0	

La Tabla 3.3 muestra los modelos a utilizar en cada estación así como el SSID (Service Set Identifier)

Tabla 3.3 Datos complementarios del enlace (Fuente: Elab. propia)

Nombre	SE Castilla	R4
SSID	ENOSA 1	
Modelo de equipo	MDS Intrepid WL-HE	MDS INTREPID WL

b. Enlace SE Castilla hacia R3

Se utiliza el mismo equipamiento (MDS Intrepid WL-HE, MDS INTREPID WL respectivamente). Solo varía el SSID radiado (ENOSA 2). Los siguientes son los datos obtenidos del Path Loss (Tabla 3.4).

Tabla 3.4 Datos proporcionados para enlace SE Castilla hacia R3 (Fuente: Path Loss)

Parámetro	SE Castilla	R3
Latitud	05 11 30.48 S	05 11 38.40 S
Longitud	080 36 56.16 W	080 37 27.84 W

Azimuth verdadero (°)	256.00	76.00
Ángulo vertical (°)	-0.31	0.30
Elevación	36.21	34.38
Ganancia de antena (dBi)	22.00	22.00
Altura de antenas (m)	18.50	15.00
Frecuencia (MHz)	5790	
Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	1.01	
Pérdida en el espacio libre (dB)	107.77	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.01	
Pérdida de trayectoria neta	63.78	63.78
Potencia Tx (dBm)	14.00	14.00
EIRP (dBm)	36.00	36.00
Nivel de umbral de recepción	-90.00	-90.00
Señal de recepción	-49.78	-49.78
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	40.22	40.22
Margen de desvanecimiento dispersivo	43.00	43.00
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	2.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	37.09	37.09
Factor C	2.0	

La Figura 3.4 muestra la gráfica obtenida.

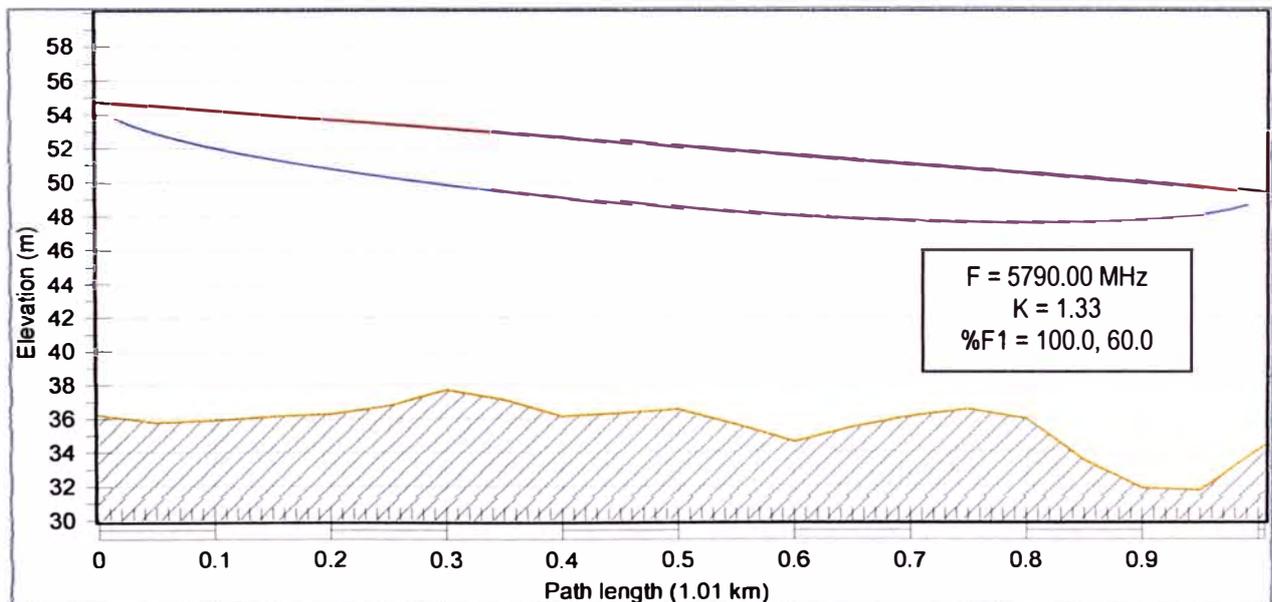


Figura 3.4 Zonas de Fresnel enlace SE Castilla hacia R3 (Fuente: Path Loss)

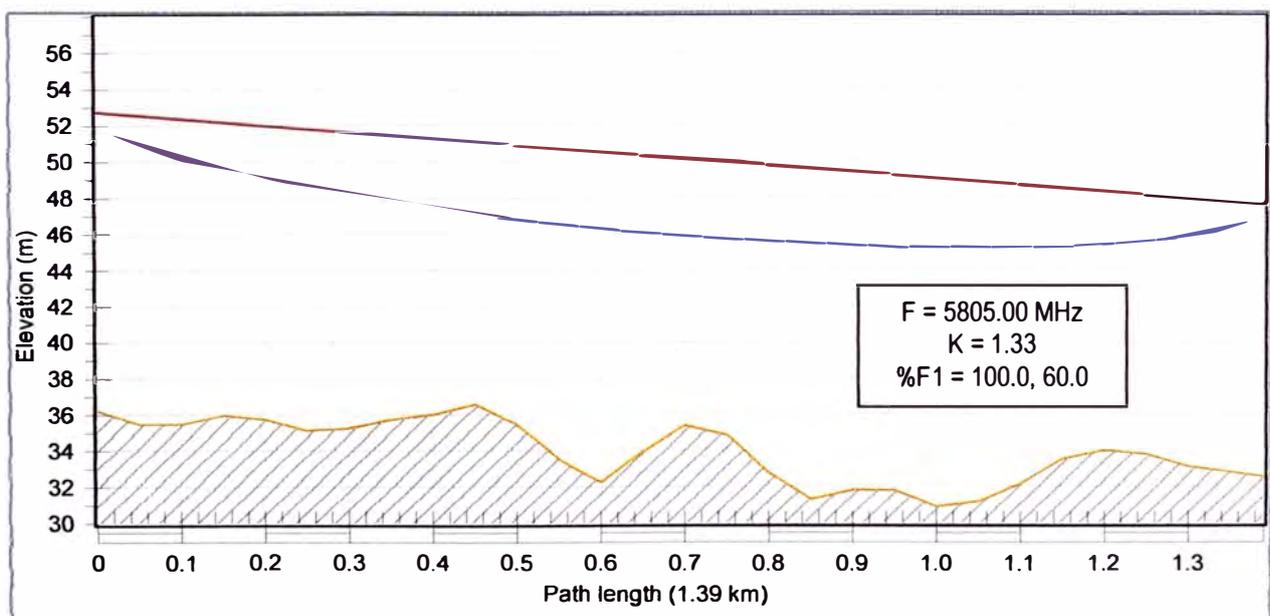
c. Enlace SE Castilla hacia R13

Se utiliza el mismo equipamiento (MDS Intrepid WL-HE, MDS INTREPID WL respectivamente). El SSID radiado es "ENOSA 3". Los siguientes son los datos obtenidos del Path Loss (Tabla 3.5).

Tabla 3.5 Datos proporcionados para enlace SE Castilla hacia R13 (Fuente: Path Loss)

Parámetro	SE Castilla	R13
Latitud	05 11 30.48 S	05 12 04.06 S
Longitud	080 36 56.16 W	080 37 26.40 W
Azimuth verdadero (°)	222.08	42.08
Ángulo vertical (°)	-0.22	0.21
Elevación	36.21	32.55
Ganancia de antena (dBi)	22.00	22.00
Altura de antenas (m)	16.50	15.00
Frecuencia (MHz)	5805	
Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	1.39	
Pérdida en el espacio libre (dB)	110.60	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.01	
Pérdida de trayectoria neta	66.61	66.61
Potencia Tx (dBm)	14.00	14.00
EIRP (dBm)	36.00	36.00
Nivel de umbral de recepción	-90.00	-90.00
Señal de recepción	-52.61	-52.61
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	37.39	37.39
Margen de desvanecimiento dispersivo	40.00	40.00
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	2.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	34.17	34.17
Factor C	2.0	

La Figura 3.5 muestra la gráfica obtenida.

**Figura 3.5** Zonas de Fresnel enlace SE Castilla hacia R13 (Fuente: Path Loss)

d. Enlace R14Ahacia R10

Se utiliza el mismo equipamiento (MDS INTREPID WL para ambas estaciones). El SSID radiado es "ENOSA 4". La Figura 3.6 muestra la gráfica obtenida. Los datos obtenidos del Path Loss son los de la Tabla 3.6.

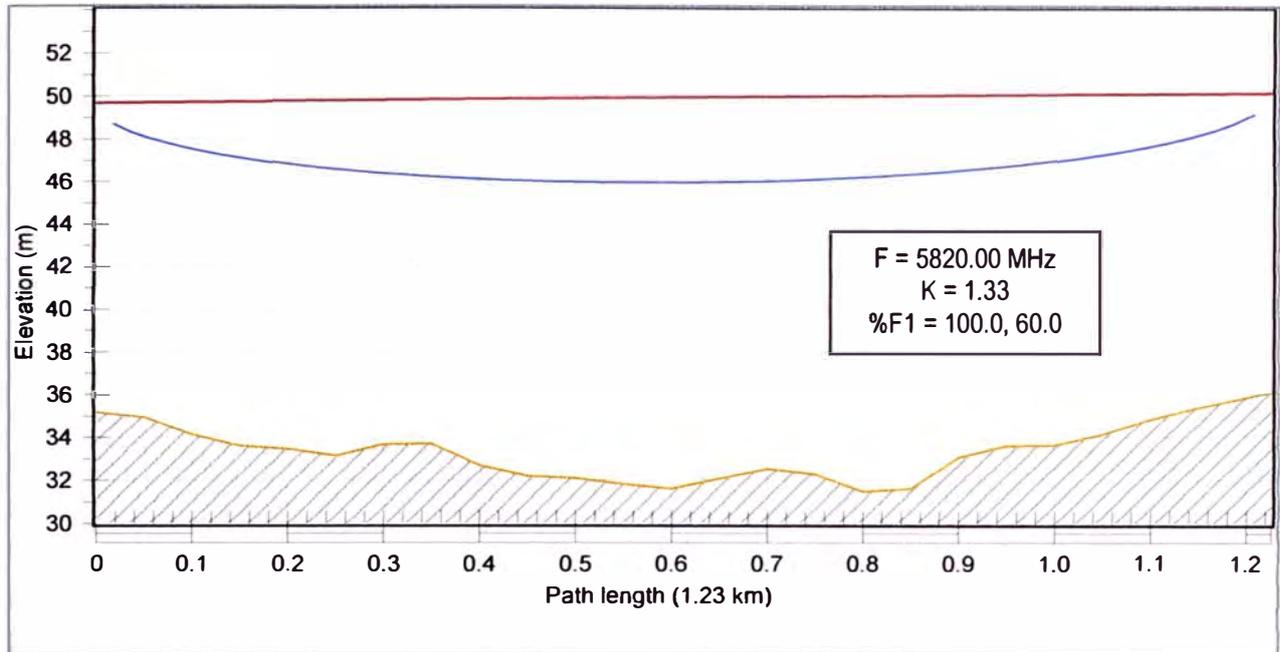


Figura 3.6 Zonas de Fresnel enlace R14A hacia R10 (Fuente: Path Loss)

Tabla 3.6 Datos proporcionados para enlace R14A hacia R10 (Fuente: Path Loss)

Parámetro	R14A	R10
Latitud	05 12 55.43 S	05 12 17.55 S
Longitud	080 37 26.67 W	080 37 14.16 W
Azimuth verdadero (°)	18.32	198.32
Ángulo vertical (°)	0.02	-0.03
Elevación	35.16	36.11
Ganancia de antena (dBi)	22.00	22.00
Altura de antenas (m)	16.50	15.00
Frecuencia (MHz)	5820	
Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	1.23	
Pérdida en el espacio libre (dB)	109.53	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.01	
Pérdida de trayectoria neta	65.54	65.54
Potencia Tx (dBm)	14.00	14.00
EIRP (dBm)	36.00	36.00
Nivel de umbral de recepción	-90.00	-90.00
Señal de recepción	-51.54	-51.54
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	38.46	38.46
Margen de desvanecimiento dispersivo	41.00	41.00

Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	2.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	35.21	35.21
Factor C	2.0	

e. Enlace SE Castilla hacia R10

Se utiliza el mismo equipamiento (MDS Intrepid WL-HE, MDS INTREPID WL respectivamente). El SSID radiado es "ENOSA 5". La Figura 3.7 muestra la gráfica obtenida. Los datos obtenidos del Path Loss se muestran en la Tabla 3.7.

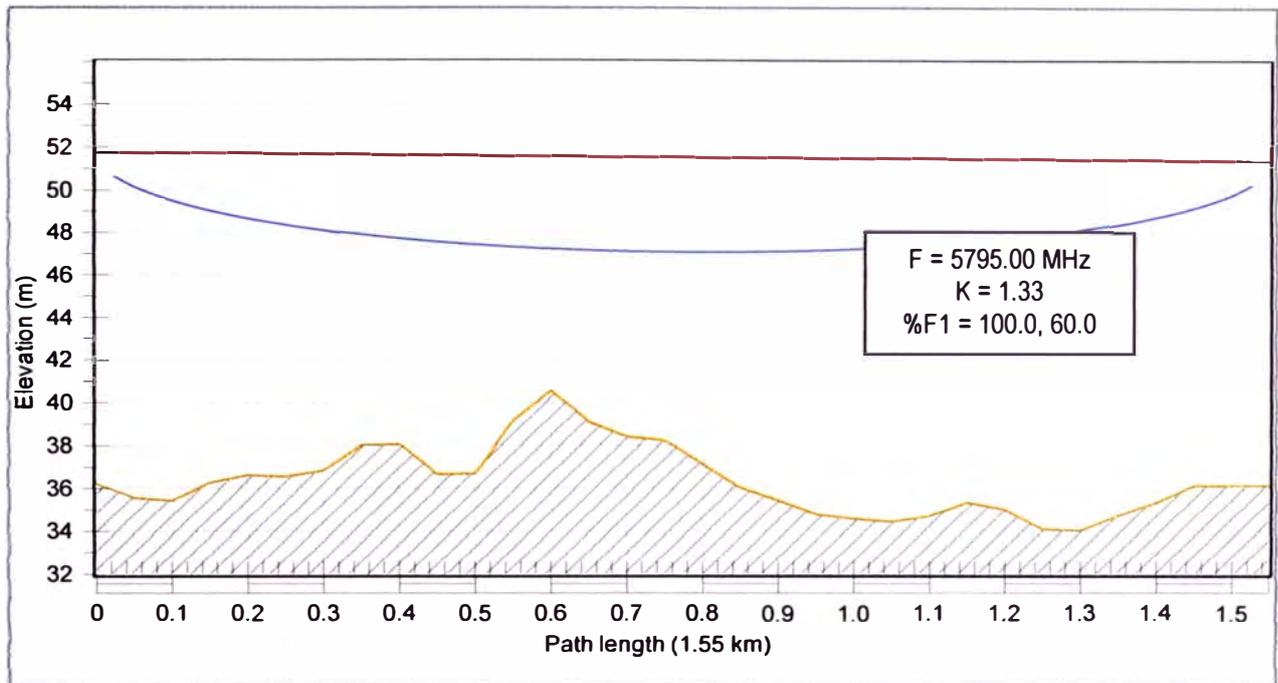


Figura 3.7 Zonas de Fresnel enlace R14A hacia R10 (Fuente: Path Loss)

Tabla 3.7 Datos proporcionados para enlace SE Castilla hacia R10 (Fuente: Path Loss)

Parámetro	SE Castilla	R10
Latitud	05 11 30.48 S	05 12 17.55 S
Longitud	080 36 56.16 W	080 37 14.16 W
Azimut verdadero (°)	200.98	20.98
Ángulo vertical (°)	-0.02	0.01
Elevación	36.21	36.11
Ganancia de antena (dBi)	22.00	22.00
Altura de antenas (m)	15.50	15.20
Frecuencia (MHz)	5795	
Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	1.55	
Pérdida en el espacio libre (dB)	111.53	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.01	
Pérdida de trayectoria neta	67.54	67.54

Potencia Tx (dBm)	14.00	14.00
EIRP (dBm)	36.00	36.00
Nivel de umbral de recepción	-90.00	-90.00
Señal de recepción	-53.54	-53.54
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	36.46	36.46
Margen de desvanecimiento dispersivo	36.00	36.00
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	2.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	31.38	31.38
Factor C	2.0	

f. Enlace SE Piura hacia R44A

Se utiliza el mismo equipamiento (MDS INTREPID WL para ambas estaciones). El SSID radiado es "ENOSA 6". La Figura 3.8 muestra la gráfica obtenida. Los datos obtenidos del Path Loss son los de la Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Datos proporcionados para enlace SE Piura hacia R44A (Fuente: Path Loss)

Parámetro	SE Piura	R44A
Latitud	05 10 59.88 S	05 10 56.26 S
Longitud	080 38 08.88 W	080 37 45.72 W
Azimut verdadero (°)	81.14	261.14
Ángulo vertical (°)	-0.46	0.46
Elevación	34.96	38.94
Ganancia de antena (dBi)	22.00	22.00
Altura de antenas (m)	25.00	15.20
Frecuencia (MHz)	5765	
Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	0.72	
Pérdida en el espacio libre (dB)	104.85	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.01	
Pérdida de trayectoria neta	60.86	60.86
Potencia Tx (dBm)	14.00	14.00
EIRP (dBm)	36.00	36.00
Nivel de umbral de recepción	-90.00	-90.00
Señal de recepción	-46.86	-46.86
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	43.14	43.14
Margen de desvanecimiento dispersivo	43.00	43.00
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	1.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	40.06	40.06
Factor C	2.0	

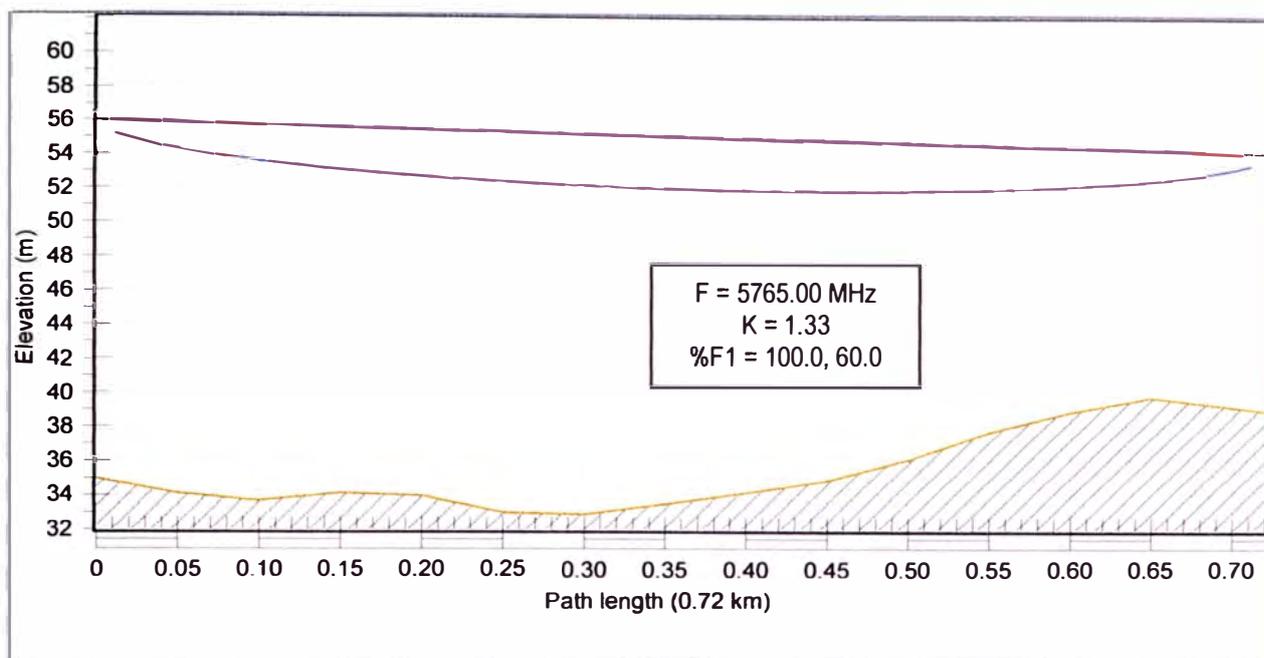


Figura 3.8 Zonas de Fresnel enlace SE Piura hacia R44A (Fuente: Path Loss)

g. Enlace R6A hacia SE Castilla

Se utiliza el mismo equipamiento (MDS Intrepid WL, MDS INTREPID WL-HE, respectivamente). El SSID radiado es "ENOSA 8". La Figura 3.9 muestra la gráfica obtenida. Los datos obtenidos del Path Loss se muestran en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Datos proporcionados para enlace R6A hacia SE Castilla (Fuente: Path Loss)

Parámetro	SE Castilla	R6A
Latitud	05 11 30.48 S	05 11 44.52 S
Longitud	080 36 56.16 W	080 37 39.00 W
Azimuth verdadero (°)	251.9	71.9
Ángulo vertical (°)	-0.06	0.05
Elevación	36.21	38.84
Ganancia de antena (dBi)	22	22
Altura de antenas (m)	19.5	15.5
Frecuencia (MHz)	5745	
Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	1.39	
Pérdida en el espacio libre (dB)	110.5	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.01	
Pérdida de trayectoria neta	66.51	66.51
Potencia Tx (dBm)	14	14
EIRP (dBm)	36	36
Nivel de umbral de recepción	-90	-90
Señal de recepción	-52.51	-52.51
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	37.49	37.49

Margen de desvanecimiento dispersivo	37	37
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	2.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	32.39	32.39
Factor C	2.0	

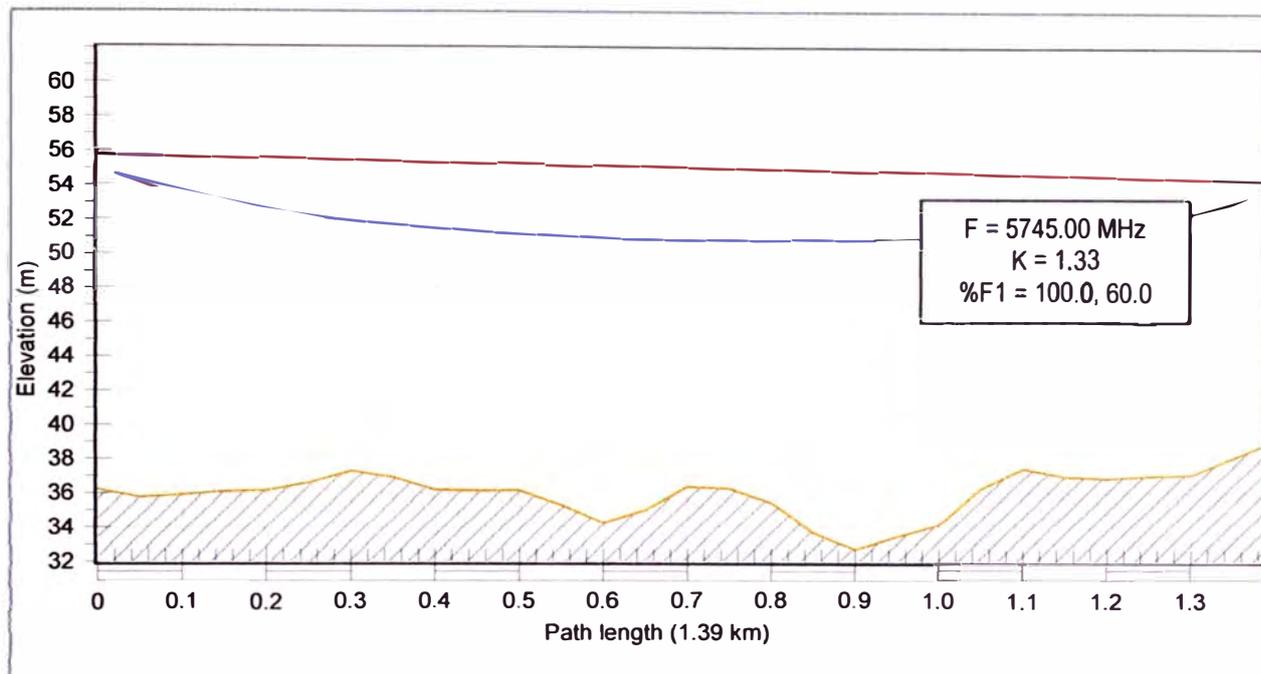


Figura 3.9 Zonas de Fresnel enlace R6A hacia SE Castilla (Fuente: Path Loss)

h. Enlace R2A hacia SE Castilla

Se utiliza el mismo equipamiento (MDS Intrepid WL, MDS INTREPID WL-HE, respectivamente). El SSID radiado es "ENOSA 9". La Figura 3.10 muestra la gráfica obtenida. Los datos obtenidos del Path Loss se muestran en la Tabla 3.10.

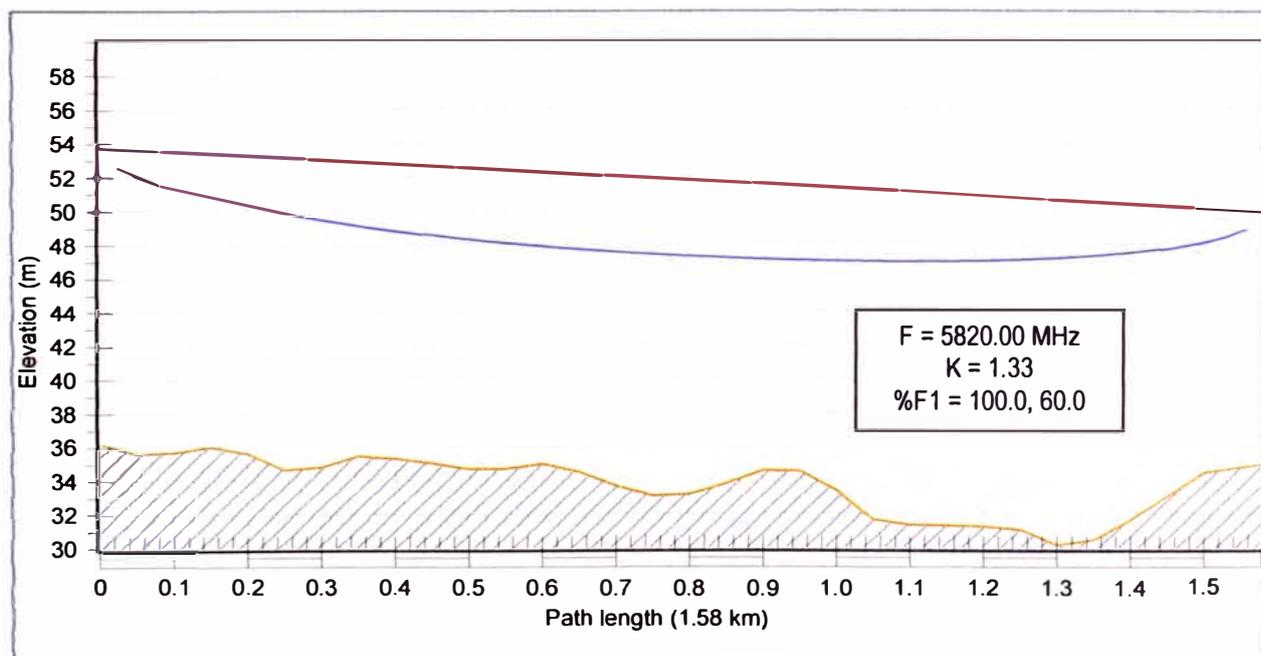


Figura 3.10 Zonas de Fresnel enlace R2A hacia SE Castilla (Fuente: Path Loss)

Tabla 3.10 Datos proporcionados para enlace R2A hacia SE Castilla (Fuente: Path Loss)

Parámetro	SE Castilla	R2A
Latitud	05 11 30.48 S	05 12 00.87 S
Longitud	080 36 56.16 W	080 37 37.47 W
Azimuth verdadero (°)	233.73	53.73
Ángulo vertical (°)	-0.14	0.13
Elevación	36.21	34.91
Ganancia de antena (dBi)	22	22
Altura de antenas (m)	17.5	15
Frecuencia (MHz)	5820	
Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	1.58	
Pérdida en el espacio libre (dB)	111.73	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.01	
Pérdida de trayectoria neta	67.74	67.74
Potencia Tx (dBm)	14	14
EIRP (dBm)	36	36
Nivel de umbral de recepción	-90	-90
Señal de recepción	-53.74	-53.74
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	36.26	36.26
Margen de desvanecimiento dispersivo	39	39
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	2.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	33.11	33.11
Factor C	2.0	

i. Enlace R5 hacia SE Piura

Se utiliza el mismo equipamiento (MDS Intrepid WL, MDS INTREPID WL-HE, respectivamente). El SSID radiado es "ENOSA 10". La Figura 3.11 muestra la gráfica obtenida. Los datos obtenidos del Path Loss se muestran en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Datos proporcionados para enlace R5 hacia SE Piura (Fuente: Path Loss)

Parámetro	SE Piura	R5
Latitud	05 10 59.88 S	05 11 42.36 S
Longitud	080 38 08.88 W	080 37 50.16 W
Azimuth verdadero (°)	156.16	336.16
Ángulo vertical (°)	-0.36	0.35
Elevación	34.96	35.03
Ganancia de antena (dBi)	22	22
Altura de antenas (m)	24	15
Frecuencia (MHz)	5745	
Polarización	Vertical	

Longitud del enlace (Km)	1.43	
Pérdida en el espacio libre (dB)	110.74	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.01	
Pérdida de trayectoria neta	66.75	66.75
Potencia Tx (dBm)	14	14
EIRP (dBm)	36	36
Nivel de umbral de recepción	-90	-90
Señal de recepción	-52.75	-52.75
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	37.25	37.25
Margen de desvanecimiento dispersivo	40	40
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	2.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	34.11	34.11
Factor C	2.0	

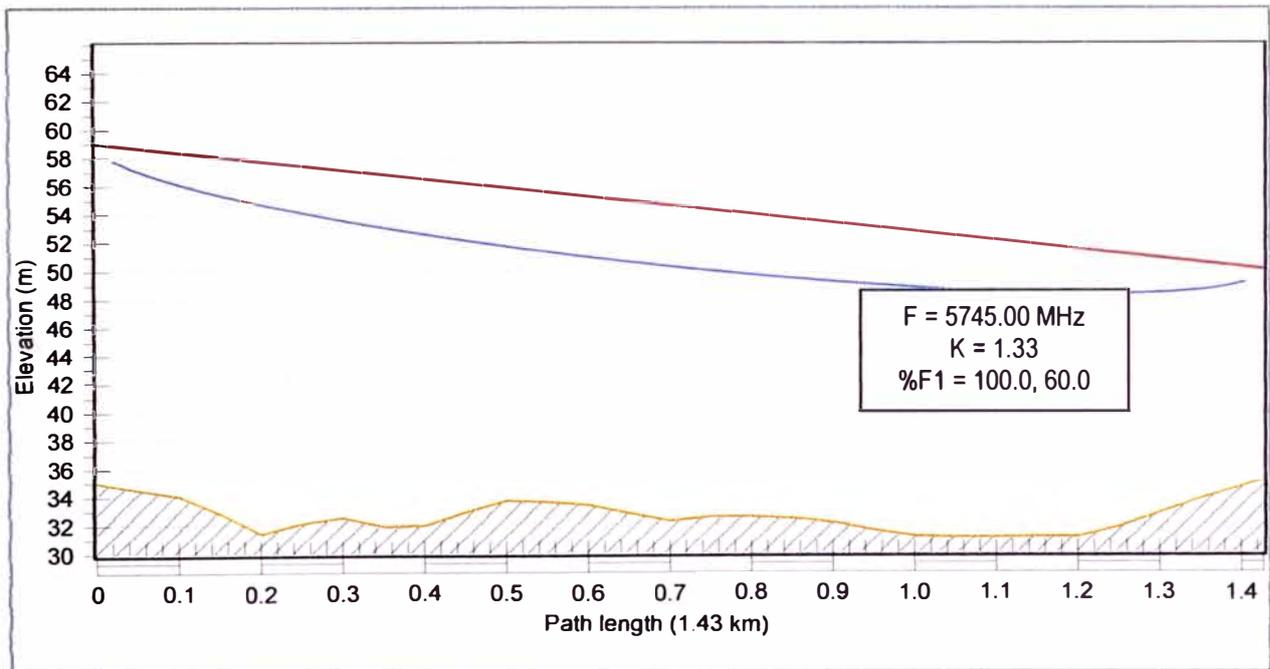


Figura 3.11 Zonas de Fresnel enlace R5 hacia SE Piura (Fuente: Path Loss)

j. Enlace R12 hacia SE Piura

Se utiliza el mismo equipamiento (MDS Intrepid WL, MDS INTREPID WL-HE, respectivamente para las estaciones mencionadas). El SSID radiado es "ENOSA 11". La Figura 3.12 muestra la gráfica obtenida. Los datos obtenidos del Path Loss se muestran en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12 Datos proporcionados para enlace R12 hacia SE Piura (Fuente: Path Loss)

Parámetro	R12	SE Piura
Latitud	05 10 57.00 S	05 10 59.88 S
Longitud	080 38 09.24 W	080 38 08.88 W
Azimuth verdadero (°)	172.86	352.86

Ángulo vertical (°)	2.39	-2.39
Elevación	36.24	34.96
Ganancia de antena (dBi)	22	22
Altura de antenas (m)	15	20
Frecuencia (MHz)	5815	
Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	0.09	
Pérdida en el espacio libre (dB)	86.8	
Pérdida de absorción atmosférica.	0	
Pérdida de trayectoria neta	42.8	42.8
Potencia Tx (dBm)	14	14
EIRP (dBm)	36	36
Nivel de umbral de recepción	-90	-90
Señal de recepción	-28.8	-28.8
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	61.2	61.2
Margen de desvanecimiento dispersivo	61	61
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	2.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	56.29	56.29
Factor C	2.0	

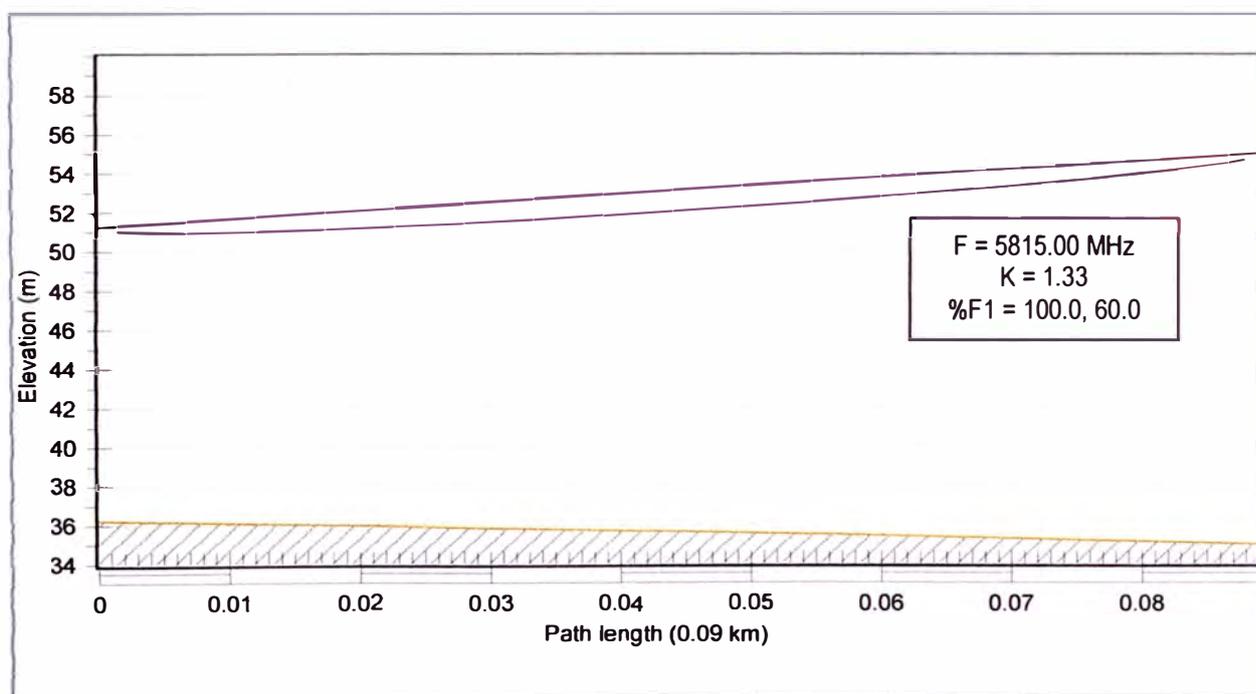


Figura 3.12 Zonas de Fresnel enlace R12 hacia SE Piura (Fuente: Path Loss)

k. Enlace R9 hacia SE Piura

Se utiliza el mismo equipamiento (MDS Intrepid WL, MDS INTREPID WL-HE, respectivamente). El SSID radiado es "ENOSA 12". La Figura 3.13 muestra la gráfica obtenida. Los datos obtenidos del Path Loss se muestran en la Tabla 3.13.

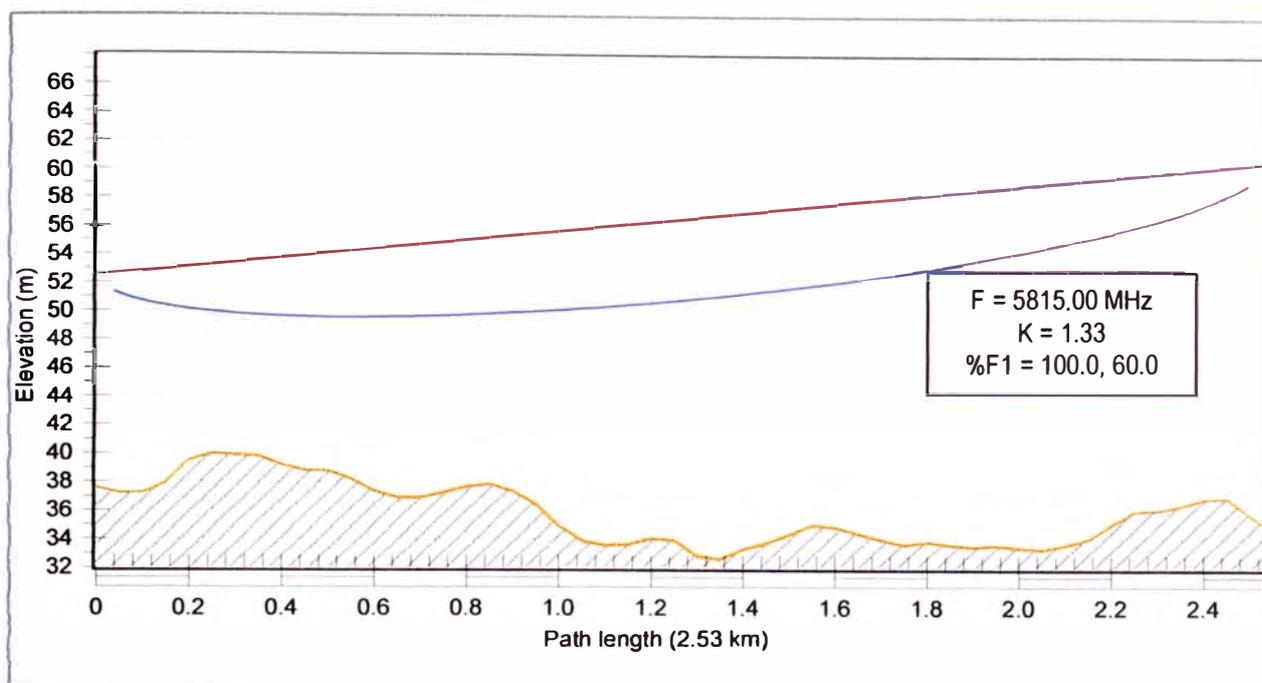


Figura 3.13 Zonas de Fresnel enlace R9 hacia SE Piura (Fuente: Path Loss)

Tabla 3.13 Datos proporcionados para enlace R9 hacia SE Piura (Fuente: Path Loss)

Parámetro	R9	SE Piura
Latitud	05 11 31.56 S	05 10 59.88 S
Longitud	080 39 24.84 W	080 38 08.88 W
Azimut verdadero (°)	67.41	247.41
Ángulo vertical (°)	0.17	-0.19
Elevación	37.57	34.96
Ganancia de antena (dBi)	22	22
Altura de antenas (m)	15	25.5
Frecuencia (MHz)	5755	
Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	2.53	
Pérdida en el espacio libre (dB)	115.74	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.02	
Pérdida de trayectoria neta	71.76	71.76
Potencia Tx (dBm)	14	14
EIRP (dBm)	36	36
Nivel de umbral de recepción	-90	-90
Señal de recepción	-57.76	-57.76
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	32.24	32.24
Margen de desvanecimiento dispersivo	37	37
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	2.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	30.01	30.01
Factor C	2.0	

I. Enlace R9 hacia R8

Se utiliza el mismo equipamiento (MDS INTREPID WL para ambas estaciones). El SSID radiado es "ENOSA 13". La Figura 3.14 muestra la gráfica obtenida. Los datos obtenidos del Path Loss son los de la Tabla 3.14.

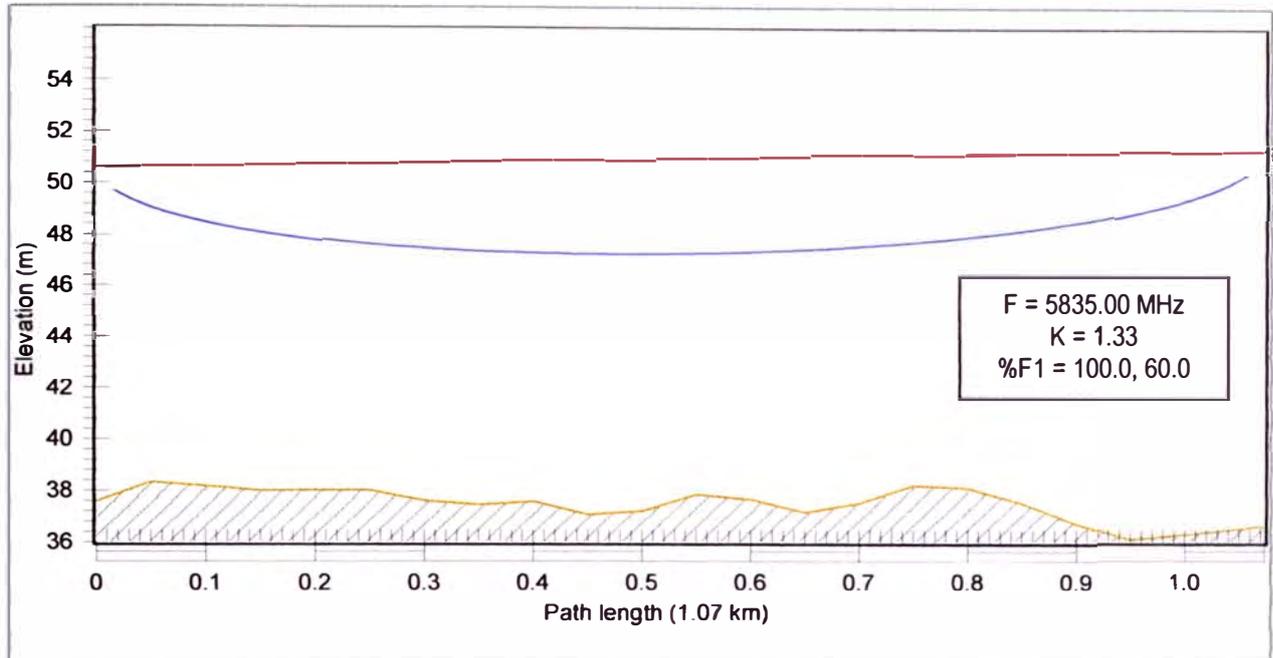


Figura 3.14 Zonas de Fresnel enlace R9 hacia R8 (Fuente: Path Loss)

Tabla 3.14 Datos proporcionados para enlace R9 hacia R8 (Fuente: Path Loss)

Parámetro	R9	R8
Latitud	05 11 31.56 S	05 11 19.68 S
Longitud	080 39 24.84 W	080 39 57.60 W
Azimut verdadero (°)	289.89	109.89
Ángulo vertical (°)	0.03	-0.04
Elevación	37.57	36.59
Ganancia de antena (dBi)	22	22
Altura de antenas (m)	13	14.7
Frecuencia (MHz)	5835	
Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	1.07	
Pérdida en el espacio libre (dB)	108.4	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.01	
Pérdida de trayectoria neta	64.41	64.41
Potencia Tx (dBm)	14	14
EIRP (dBm)	36	36
Nivel de umbral de recepción	-90	-90
Señal de recepción	-50.41	-50.41
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	39.59	39.59

Margen de desvanecimiento dispersivo	35	35
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	2.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	31.29	31.29
Factor C	2.0	

m. Enlace R7 hacia R8

Se utiliza el mismo equipamiento (MDS INTREPID WL para ambas estaciones). El SSID radiado es "ENOSA 14". La Figura 3.15 muestra la gráfica obtenida. Los datos obtenidos del Path Loss son los de la Tabla 3.15.

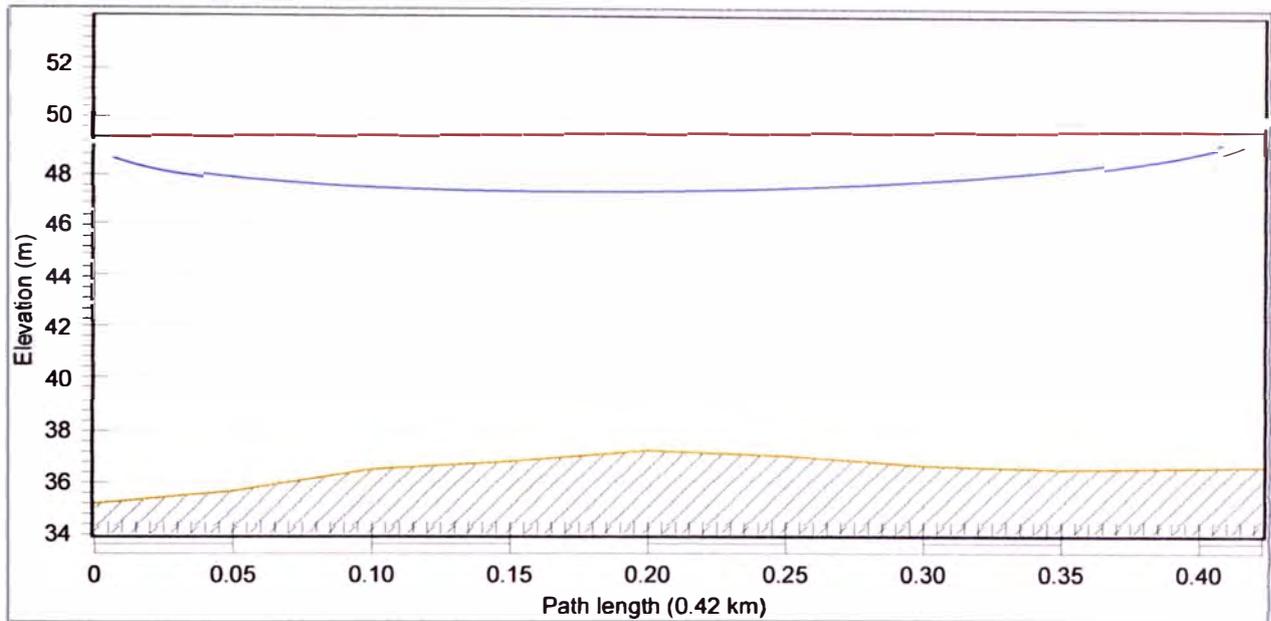


Figura 3.15 Zonas de Fresnel enlace R7 hacia R8 (Fuente: Path Loss)

Tabla 3.15 Datos proporcionados para enlace R7 hacia R8 (Fuente: Path Loss)

Parámetro	R7	R8
Latitud	05 11 09.96 S	05 11 19.68 S
Longitud	080 40 07.32 W	080 39 57.60 W
Azimut verdadero (°)	134.93	314.93
Ángulo vertical (°)	0.19	-0.19
Elevación	35.18	36.59
Ganancia de antena (dBi)	22	22
Altura de antenas (m)	14	14
Frecuencia (MHz)	5835	
Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	0.42	
Pérdida en el espacio libre (dB)	100.31	
Pérdida de absorción atmosférica.	0	
Pérdida de trayectoria neta	56.31	56.31
Potencia Tx (dBm)	14	14

EIRP (dBm)	36	36
Nivel de umbral de recepción	-90	-90
Señal de recepción	-42.31	-42.31
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	47.69	47.69
Margen de desvanecimiento dispersivo	44	44
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	2.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	40.15	40.15
Factor C	2.0	

3.1.3 Montaje de equipamiento

En esta sección se desarrollan los ítems correspondientes al montaje de equipamiento, tanto en interiores, como en exteriores, además de las especificaciones sobre las torres.

a. Equipamiento

Como se estableció en las secciones anteriores, el equipo de radio utilizado es el WL1000-ODU/F58/FCC/INT, denominado por General Electric MDS Intrepid WL [6], cuyas características básicas son listadas en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16 Características básicas del equipo de radio (Fuente: Fabricante)

Configuración	
Arquitectura	IDU con antena integrada
Interfaz IDU a ODU	Cable CAT-5e para exteriores; Máxima longitud de cable: 100 m
IDUs soportadas	IDU-C RW-7200-2000 y RW-7204-2000; IDU-E Series
Radio	
Capacidad	18 Mbps de transferencia simétrica neta (hasta 4 E1s/T1s más Ethernet)
Banda de frecuencia	5.730 - 5.845 GHz
Rango	Hasta 80 km
Ancho de banda del canal	Configurable: 5, 10, 20 MHz
Modulación	OFDM – BPSK/QPSK/16QAM/64QAM
Codificación & Modulación Adaptativa	Soportada
Selección automática de canal	Soportada
Max Potencia de Tx	16 dBm Y 23 dBm para el modelo WL-HE (High End)
Tecnología Duplex	TDD
Corrección de error	FEC k = 1/2, 2/3, 3/4
Encriptación	AES 128
Antena integrada	
Mínima ganancia pico	22.0dBi
VSWR máximo	1.7:1

Ancho del patrón de radiación a 3 dB	10° (típico)
Polarización	Lineal (Vertical u Horizontal)
Nivel de lóbulos laterales	ETSI EN 302 085 V1.1.2 (2001-02) TS1-TS3
Polarization cruzada	ETSI EN 302 085 V1.1.2 (2001-02) TS1-TS3
Relación F/B	-35 dB (max)

En resumen, este es un equipo de radio (Figura 3.16) que soporta la banda de 5.8 GHz y cumple con las regulaciones FCC (Federal Communications Commission). La ODU viene con una antena integrada. La radio es parte de las series WinLink 1000 ODU que proveen TDM nativo y Ethernet sobre un simple enlace inalámbrico, posee capacidad de transferencia de datos de 18 Mbps simétricos a distancias de hasta 80 km. El radio transporta hasta 4 E1s/T1s más tráfico Ethernet y puede ser operado con productos RADWIN IDU-C e IDU-E. La Figura 3.17 muestra el patrón de radiación de la antena.

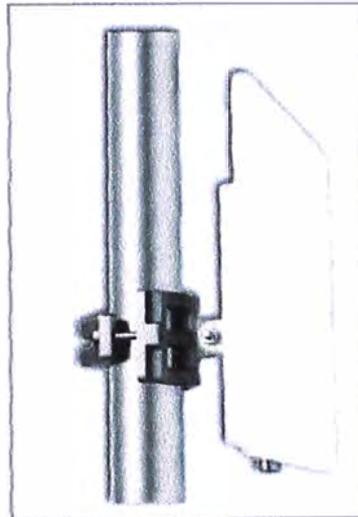


Figura 3.16 Imagen de la ODU (Fuente: Fabricante)

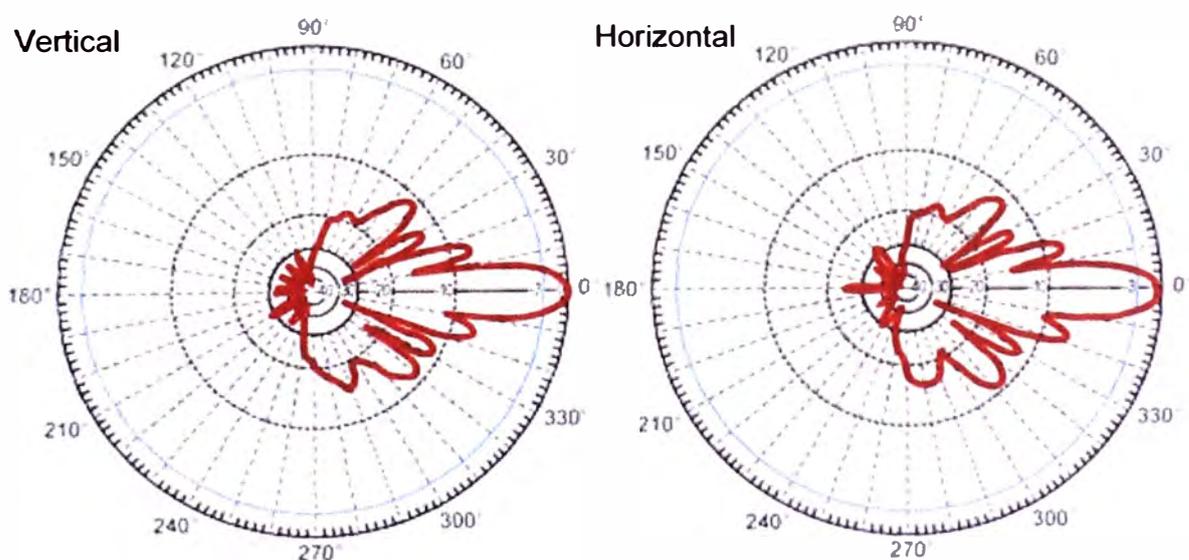


Figura 3.17 Patrón de radiación de la antena (Fuente: Fabricante)

Un equipo adicional que es utilizado es el Hub Site Synchronization, el cual se instala solo en locaciones donde se concentran 3 a más ODU's.

El equipo utiliza técnicas de sincronización de ráfagas. Sincroniza la temporización de Tx y Rx para todas las unidades situadas en una misma locación. Con ello se elimina la interferencia de colocación TDD, y así se permite la arquitectura de múltiples enlaces punto-punto, como se muestra en la Figura 3.18.

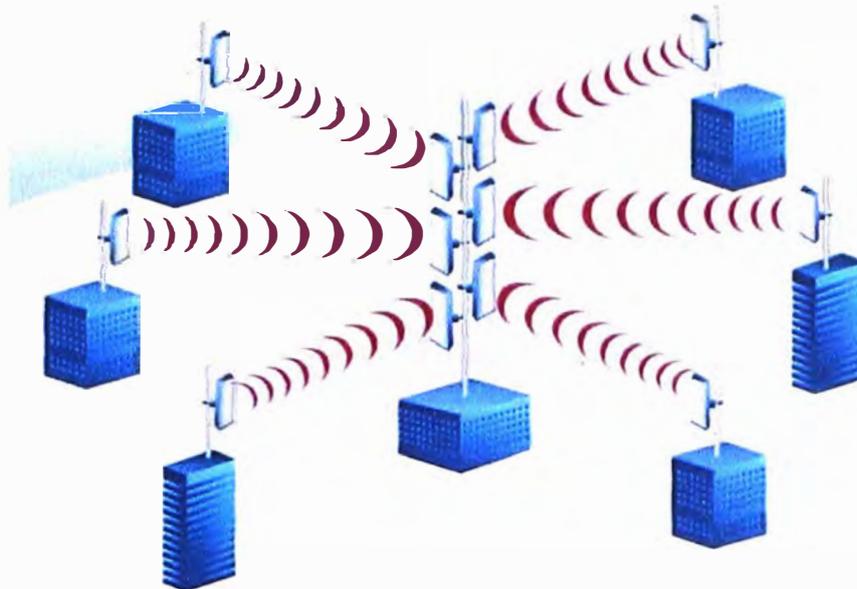


Figura 3.18 Arquitectura de múltiples enlaces punto-punto (Fuente: Fabricante)

La Figura 3.19 muestra el panel de conexiones del el Hub Site Synchronization.

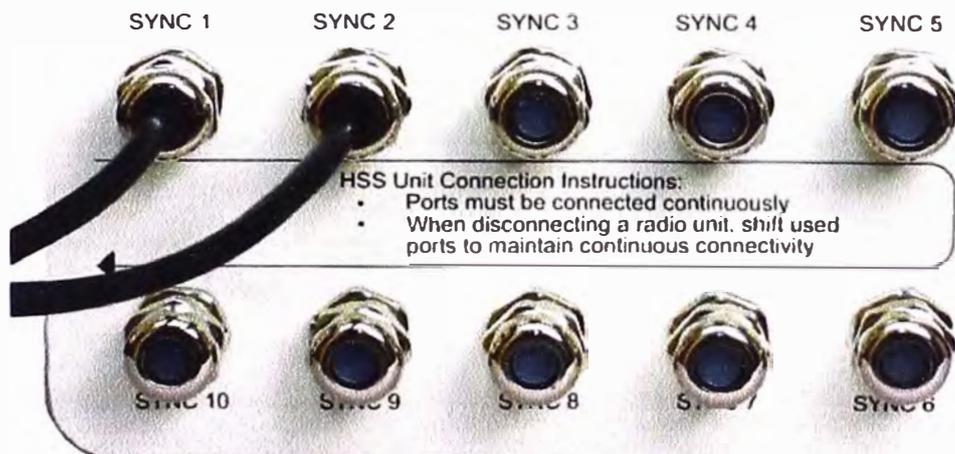


Figura 3.19 Pane de conexiones del Hub Site Synchronization (Fuente: Fabricante)

En el Hub Site Synchronization se efectúan tres tipos de funciones:

- Hub Sync Master.- (HSM) genera los pulsos que sincronizan la temporización del Hub Sync Clients (HSC).
- Hub Sync Client – Transmisión Continua.- En el evento en que la unidad pierda sincronización con el Hub Sync Master, el enlace permanece activo.

- Hub Sync Client–Transmisión Deshabilitada.- En el evento que la unidad pierda sincronización con el Hub Sync Master, el enlace es suspendido hasta que los pulsos de sincronización logren sincronizarlo. Esta configuración previene a la unidad de causar interferencia.

Para ilustrar la manera en que el Hub Site Synchronization trabaja, a continuación, en la Figura 3.20, se muestra los diagramas de tiempo con y sin sincronización.

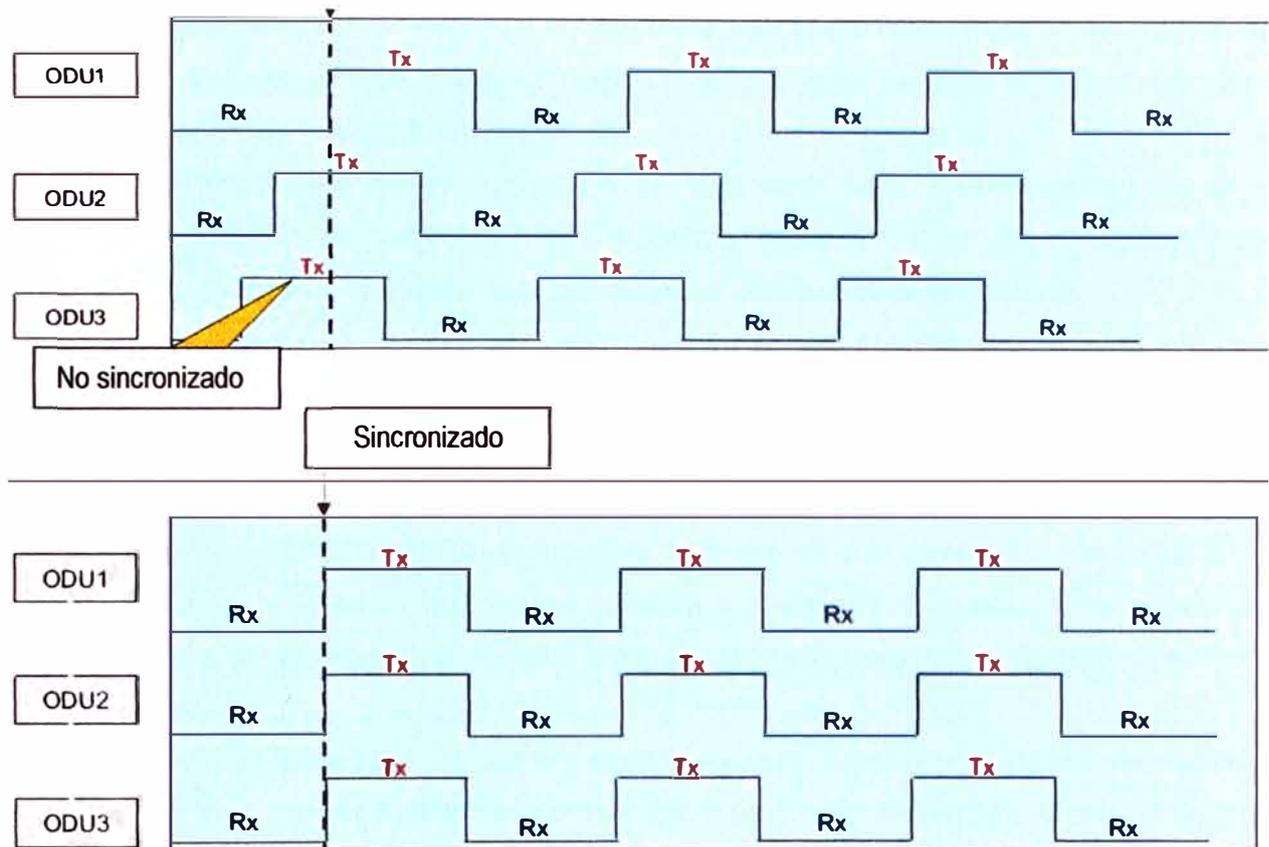


Figura 3.20 Diagramas de tiempo con y sin sincronización (Fuente: Elaboración propia).

De ello se puede determinar que no existe una ODU en recepción cuando otra ODU vecina se encuentra en transmisión, en resumen, todas transmiten o todas reciben.

b. Montaje en interiores

Las especificaciones que siguen se relacionan al montaje de los equipos de comunicación en las Oficinas de Negocios, Subestaciones, postes de reclosers y torres.

En general, la instalación de los equipos y estructuras se realizaron cumpliendo las recomendaciones del fabricante de acuerdo al Código Eléctrico del Perú (IEC).

Las unidades IDU se encuentran instaladas de acuerdo a su condición:

- En Subestaciones y Oficinas de Negocio: las IDUs o PoE-8 se instalaron en nuevos gabinetes de comunicación (gabinetes estándar de 19"x12RU) o existentes que contaban con un buen dimensionamiento y espacio suficiente. Dentro de los nuevos gabinetes se instalaron una barra de tierra y en los gabinetes existentes se utilizó la barra tierra existente, de manera que todos los equipos de comunicación se encuentren aterrados.

- En postes de reclosers: estos dispositivos se instalaron dentro del gabinete de control del recloser (para una sola radio) y en un gabinete exterior para poste diseñado especialmente en el caso de dos radios instalados.

Para el cableado a nivel Ethernet, se utilizó del tipo SFTP Categoría 5e para exteriores que normalmente recomienda el fabricante, este cable lleva la señal y alimentación hasta el ODU (radio externo).

Para conexiones de los reclosers, dentro de las subestaciones, también se empleó el cable SFTP Cat. 5e, ya que posee un apantallado que evita posibles interferencias producidas por campos eléctricos o magnéticos.

Otro tipo de cable es para la puesta a tierra, este cable no solo asegura al equipo contra sobre tensiones o descargas sino que valida la garantía de fábrica que es vigente y es exigible en caso de mal funcionamiento atribuible a problemas de fabricación.

La puesta a tierra de los gabinetes se encuentra conectada a la puesta a tierra general del lugar (Subestaciones, Oficinas de Negocios, postes de reclosers).

En el caso de Subestaciones y Oficinas de Negocio, todo el cableado de alimentación, tierra y Ethernet exterior al gabinete, tanto de equipos de comunicaciones, reclosers, pasa ordenadamente dentro de canaletas adosables a la pared o por las canaletas o ductos propios de la infraestructura del local, de manera que no queden cables expuestos. Así mismo, el cable hacia el exterior pasa a través de pasamuros y/o ductos existentes en el local.

El cableado en exteriores (de datos y tierra) pasa por tuberías corrugadas, relleno con gel silicona en las aberturas de los extremos con el fin de dar protección al cable y que la instalación no genere un impacto visual negativo.

Para efectos de alimentación de los equipos de telecomunicaciones, se asignó una llave térmica general de 6A, esta llave alimenta al convertidor provisto (24VDC o 48Vdc) y de aquí se derivan unas Borneras Porta Fusibles (fusibles de 2A por bornera).

c. Montaje en exteriores

La forma de montar los equipos se realizó teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante y siguiendo los procedimientos de seguridad previa coordinación con la supervisión y seguridad.

Para asegurar el funcionamiento correcto de los equipos de radio, estos están conectados a una puesta a tierra común a los equipos del sistema de control.

Para el caso de las radios que están agrupados en la misma torre, la puesta a tierra de todas ellas se agrupa en una sola barra de cobre para puesta a tierra, con conexiones independientes para cada ODU, con cable 12 AWG de forro aislante de color amarillo y en consecuencia el cable común que baja hacia la tierra, desde la barra de cobre, tam-

bién es de igual calibre e igual color.

Es necesario recalcar que los sistemas de aterramiento son por lo general una parte integral del sistema de cableado de telecomunicaciones: protegen al personal y equipos de voltajes peligrosos, reducen la interferencia electromagnética (EMI) desde y hasta el sistema de cableado de telecomunicaciones, y reducen la posibilidad de inducciones de voltajes que pueden distorsionar o dañar los circuitos de telecomunicaciones.

d. Especificaciones sobre las torres

En general, las torres de telecomunicaciones existentes, son torres ventadas armadas desde cuerpos de 3 m, con los colores rojo y blanco por cada tramo. Cabe resaltar que en la SE Castilla se adicionó 2 tramos de torre de 3 metros cada una, hasta llegar a una altura de 21 metros.

Se diseñaron mástiles con una longitud de 6 metros, diámetro de 2 pulgadas y de material fierro galvanizado.

El montaje se realizó sobre los postes donde fueron ubicados los reclosers, para ello se utilizó 2 abrazaderas para pastoral, también de fierro galvanizado para evitar la corrosión.

En general se estableció que la altura de las antenas debe ser de 15 metros en estos lugares (11 metros de poste más 4 metros de tubo).

3.1.4 Configuración de enlaces y protocolo de pruebas

Los equipos fueron configurados según se explica a continuación.

a. Canalización

Cada enlace cuenta con frecuencias distintas. Como se mencionó, se instalaron equipos sincronizadores (Hub Site Synchronization) en estaciones donde se concentran 3 a más antenas. En los lugares donde solo existen 2 antenas se separó una distancia prudencial una de la otra, con ello se evitan las interferencias locales entre las antenas.

Para la configuración de las frecuencias y parámetros de los equipos inalámbricos instalados, se utilizó el software Link Manager (Figura 3.21).

Esta pantalla muestra las características más resaltantes así como los niveles de potencia (RSS). Conforme se va estableciendo el enlace, los valores que muestra la pantalla principal se van actualizando sirviendo como medio de verificación del estado del enlace.

Los parámetros que se configuran son: Identidad del enlace,

- Detalles del emplazamiento.
- Selección del canal.
- Configuración HSS (sincronismo activado),
- Tipo de servicio (Ethernet, TDM).- Ethernet configurado a 3 Mbps (fijo),

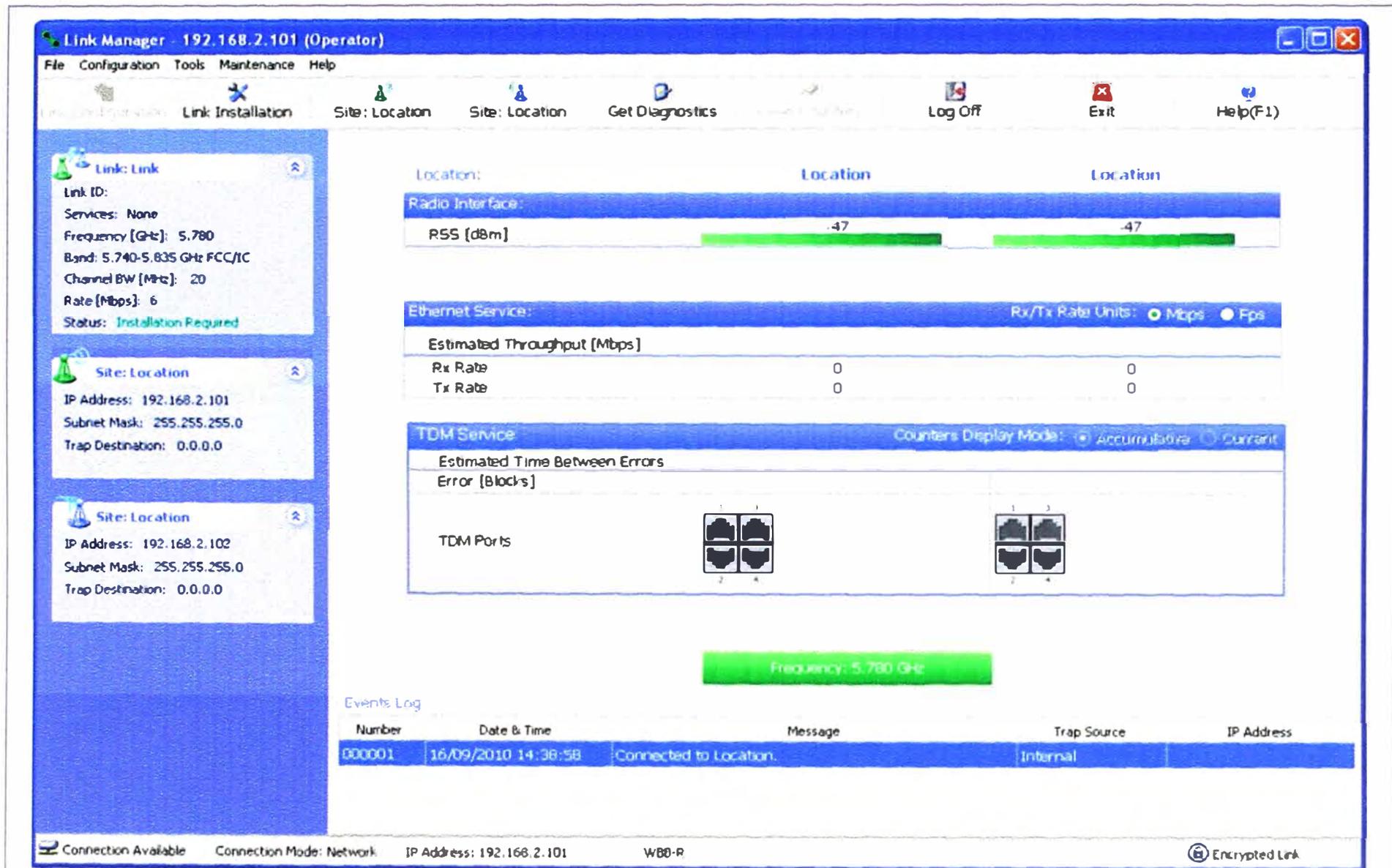


Figura 3.21 Link Manager (Fuente: Fabricante)

b. Asignación de SSID e IP

El parámetro mencionado, es utilizado para identificar cada enlace, y sirve para la gestión del equipo, es decir, no pueden existir dos enlaces con el mismo SSID (servicio de identificación de 32 caracteres), porque de otro modo la gestión no podrá acceder a alguno en forma remota.

Se asignaron las direcciones IP, Gateway y Máscaras de Subred en coordinación con ENOSA, tanto de los switchs como de las radios.

c. Seguridad

La seguridad de la información se realiza a través de un algoritmo de cifrado por bloques como es el AES-128, esta encriptación permite que la información viaje de forma segura en todo trayecto de los enlaces inalámbricos y es propio del equipo a implementar.

d. Protocolo de pruebas

Para la verificación integral del proyecto se usó la Tabla 3.17. Luego de realizada la verificación se anotaba si cumplía o no con la prueba o verificación

Tabla 3.17 Pruebas técnicas y verificaciones (Fuente: Fabricante)

N°	PRUEBAS TECNICAS Y VERIFICACIONES	CUMPLE	
		SI	NO
1	Software Link Manager		
1.1	Parámetros y configuración de enlaces y Radios se visualizan desde Consola Link Manager.		
2	Configuración de Radioenlace		
2.1	Enlace trabaja en banda no licenciada 5.8 GHz.		
2.2	Potencia de Radios acorde con el valor según Memoria Descriptiva.		
3	Conectividad		
3.1	Prueba de conectividad (Ping) de extremo a extremo del enlace (switches Hirschmann y/o equipo directamente conectado a la radio).		
4	Nivel de RSS		
4.1	Nivel de Recepción (RSS) acorde con el valor de RSS según Memoria Descriptiva.		
5	Funcionamiento de Equipos		
5.1	Nivel de Voltaje de alimentación de equipos de comunicaciones, que entrega el convertor, es el apropiado para el funcionamiento de estos.		
5.2	No se presentan alarmas visuales en equipos de radioenlace y switches Hirschmann.		
6	Etiquetado y Rotulado		
6.1	Todos los equipos y cables que se encuentran en el gabinete de comunicaciones están correctamente etiquetados y/o rotulados.		
7	Gabinete de Comunicaciones		
7.1	Verificar el buen estado del gabinete así como la entrega de llaves del mismo.		

7.2	Verificar que todos los equipos estén debidamente conectados a la barra de cobre del gabinete de comunicaciones y este a su vez, debe estar conectado a una barra de cobre o puesta a tierra propio del local.		
Observaciones:			

A manera de ilustración se muestran imágenes de algunos reclosers y de la SE Castilla (Figuras 3.22 a 3.27).

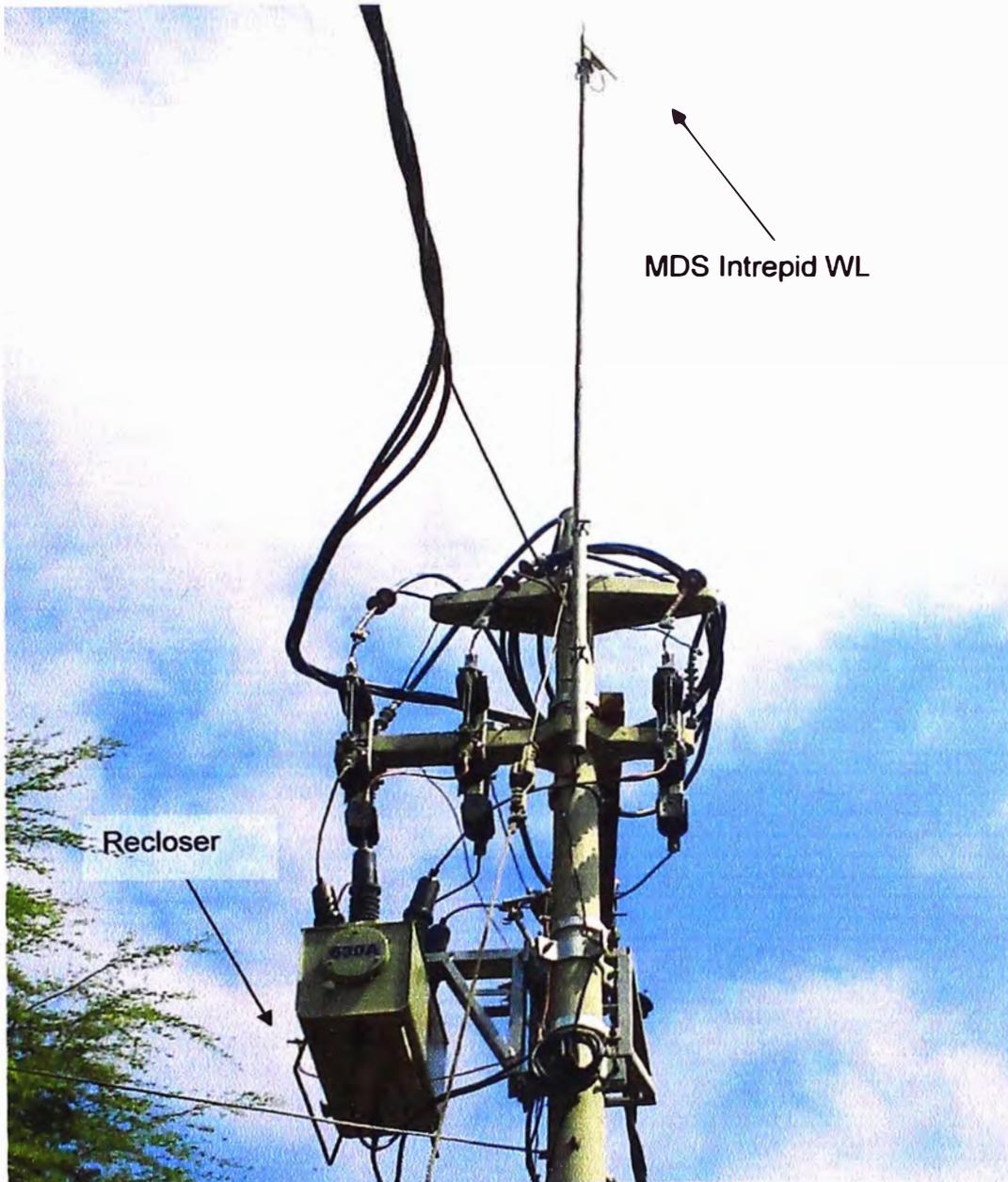


Figura 3.22 Punto del Recloser R2A (Fuente: Elab. propia)

Como puede verse en la Figura 3.23, fue imposible colocar el ODU en la misma locación del recloser, por ello se situó en un poste de alumbrado público.



Figura 3.23 Punto del Recloser R4 (Fuente: Elaboración propia)

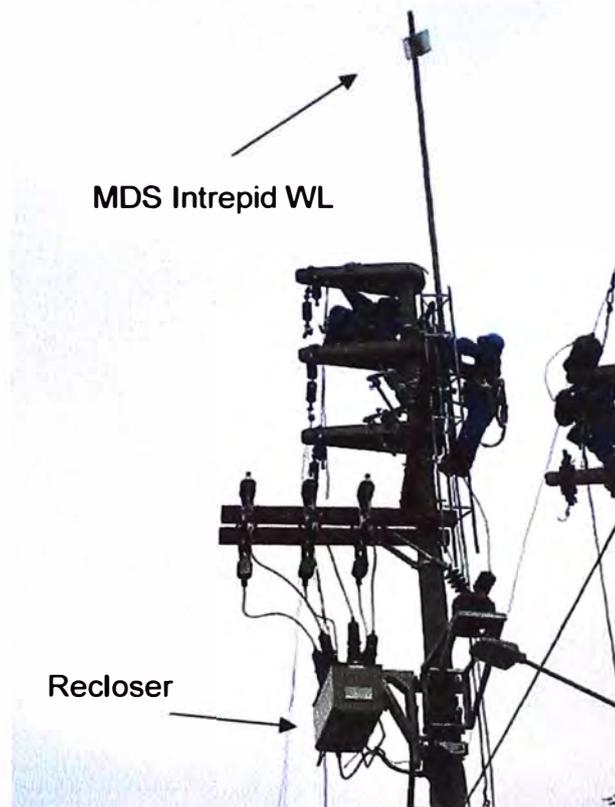


Figura 3.24 Punto del Recloser R7 (Fuente: Elaboración propia)

En el caso mostrado en la Figura 3.25 se colocaron dos equipos de radio, por lo que era necesaria la instalación de un gabinete para que alojara a los dos PoE.

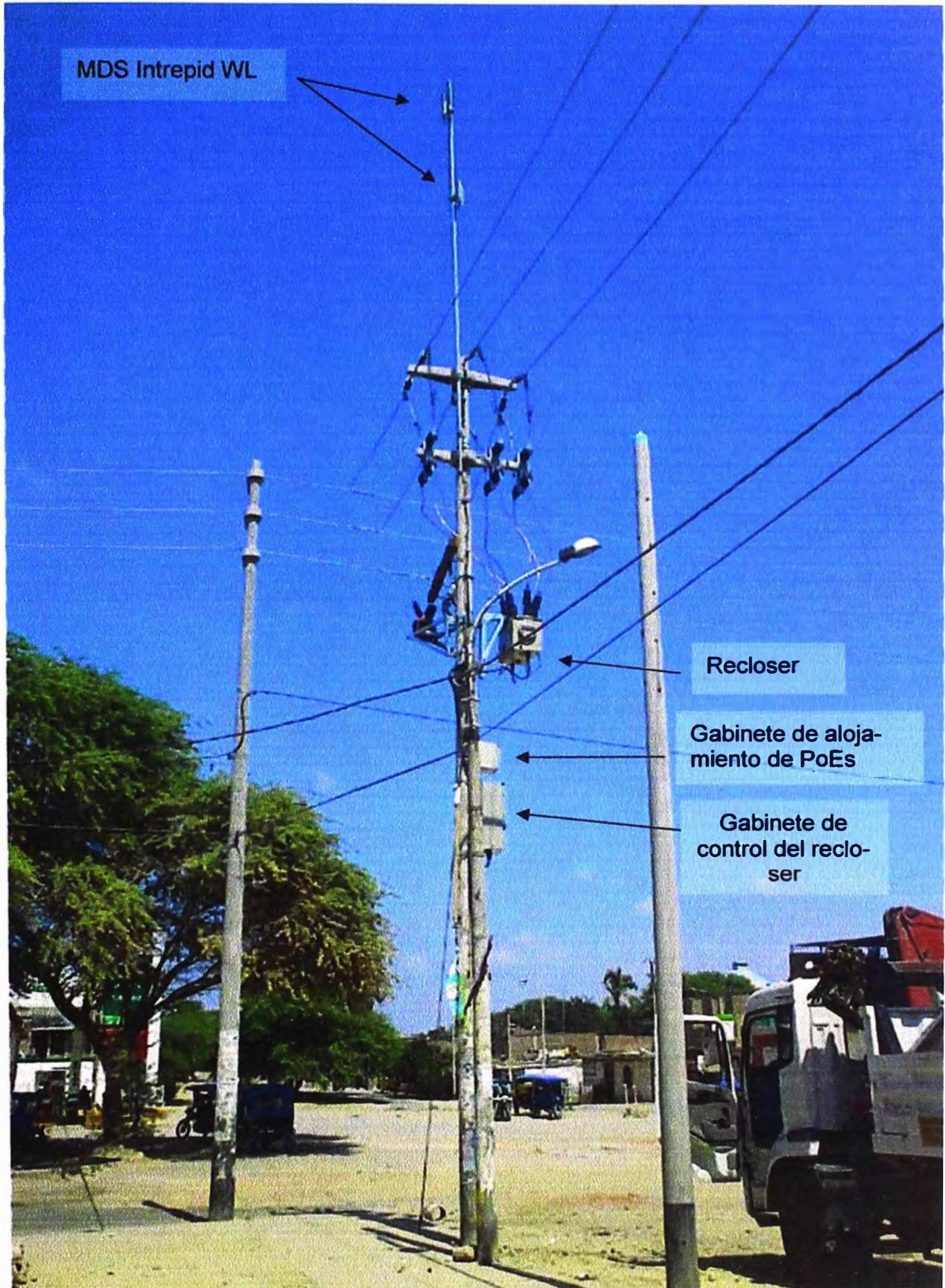


Figura 3.25 Punto del Recloser R8 (Fuente: Elaboración propia)

También para el caso mostrado en la Figura 3.26 se colocaron dos equipos de radio, por lo que era necesaria la instalación de un gabinete para que alojara a los dos PoE.

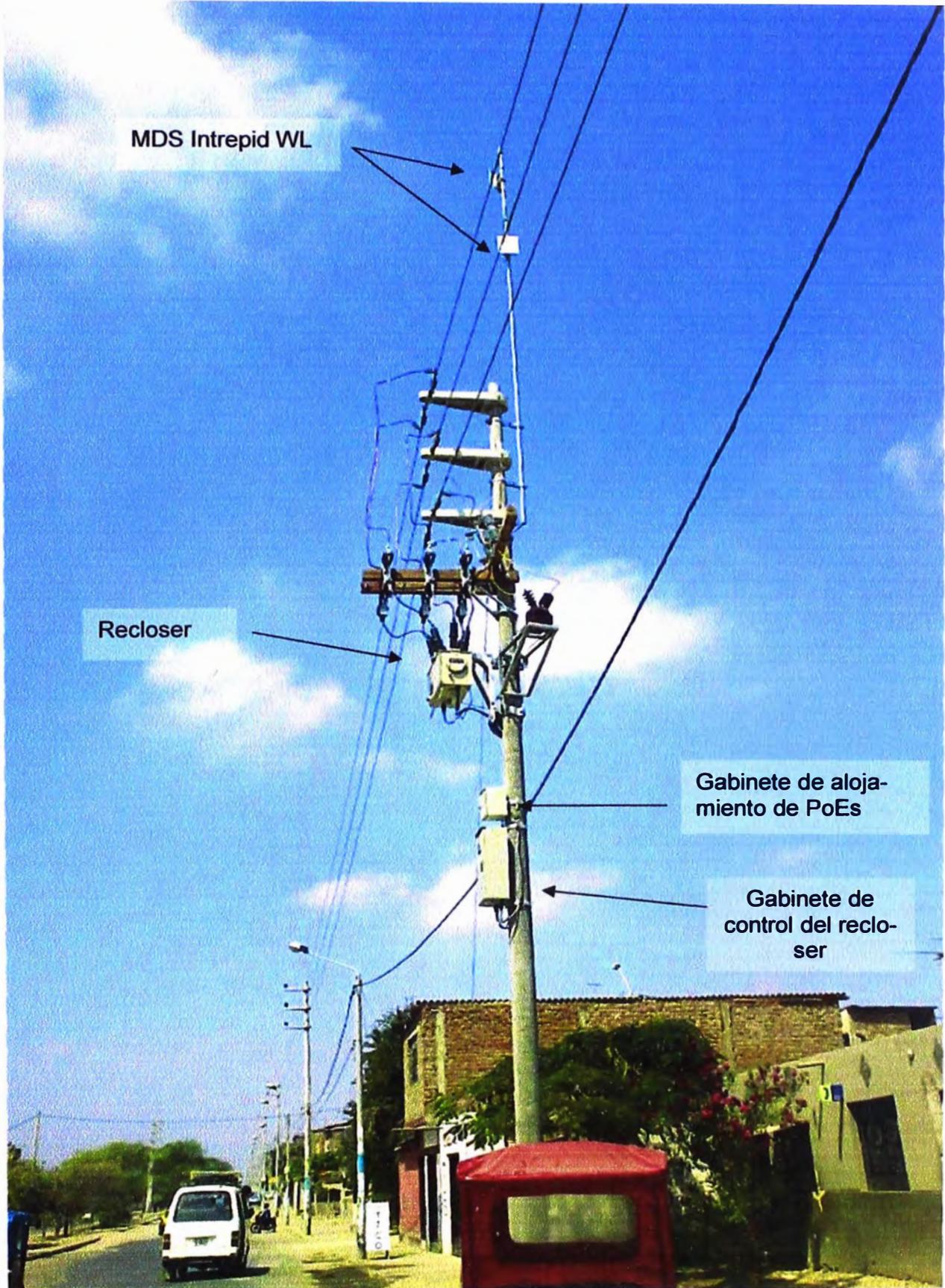


Figura 3.26 Punto del Recloser R9 (Fuente: Elaboración propia)

La Figura 3.27 muestra las instalaciones de las ODUs en la SE Castilla. Se puede apreciar a la HSS. Es en esta torre en donde se aumentaron dos tramos de 3 metros para así obtener una mejor línea de vista.

Nota: La antena Tipo Yagui no es parte de la solución

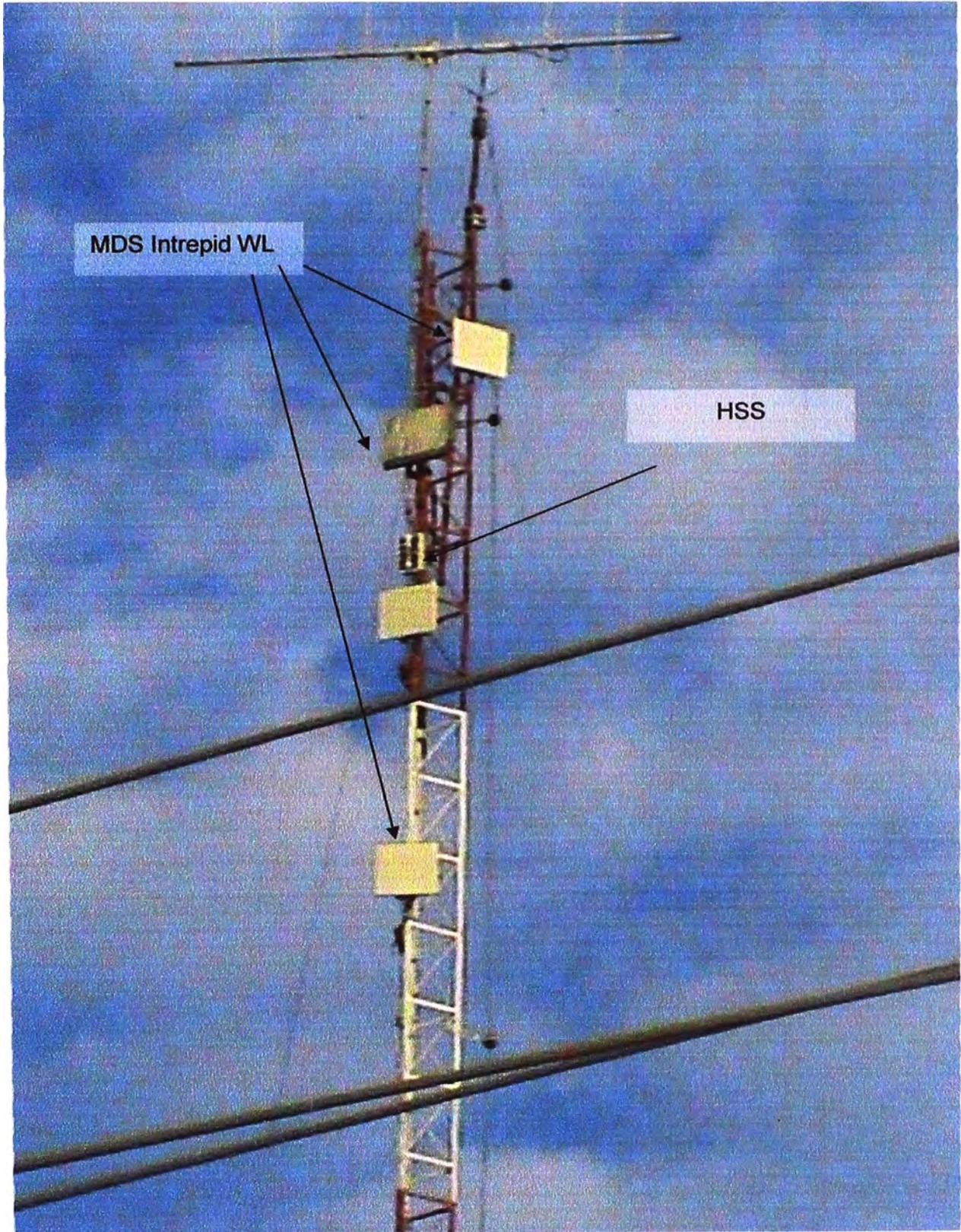


Figura 3.27 Punto de la SE Castilla (Fuente: Elaboración. propia)

3.2 Solución inalámbrica de Unidad de Negocio Tumbes

En esta sección se desarrolla la solución implementada en la Unidad de Negocios Tumbes.

3.2.1 Topología de la solución

De igual manera que para la UN Piura, para el cálculo del enlace se utilizó la herramienta Link Budget y la herramienta Path Loss.

La Figura 3.28 ilustra de los enlaces implementados, mientras la Tabla 3.18 lista los enlaces y la distancia existente en ellas.

Para un mayor detalle de la topología se puede consultar el Anexo C “Esquema General de Comunicaciones UN Tumbes”

Tabla 3.18 Relación de enlaces y distancias (Fuente: Elaboración propia)

Enlace	Distancia (Km)
Enlace SE Tumbes hacia OF Tumbes	1.37
Enlace SE Tumbes hacia R37A	4.06
Enlace R37A hacia R42	11.47
Enlace R43 hacia R42	4.38
Enlace SE Tumbes hacia SE Pto Pizarro	9.11
Enlace SE Zarumilla hacia SE Pto Pizarro	11.40
Enlace SE Zarumilla hacia R36	8.6

Los aspectos referentes al diseño de los enlaces, al equipamiento utilizado y a su configuración son tratados en las siguientes secciones. El equipamiento para los enlaces es el mismo de la UN Piura. Se replica la tabla con objetivo didáctico.

Tabla 3.19 Tipo de equipamiento utilizado en los enlaces (Fuente: Elaboración propia)

Tipo o modelo de Radio	Capacidad de distancia de Enlace	Potencia (regulable) de Transmisión máxima	Opción de Sincronismo
MDS Intrepid Wireless Link	< 4.5 Km.	≤ 16dBm	No
MDS Intrepid Wireless Link-HE	< 9 Km.	≤ 23dBm	Sí
MDS Intrepid Wireless Link-HE Con antena Externa*	> 9 Km.	≤ 23dBm	Sí

*La antena externa fue utilizada en la UN Tumbes.



Figura 3.28 Topografía y uso del suelo en la zona de Negocios Tumbes (Fuentes: Path Loss Google Earth)

3.2.2 Diseño de enlaces

En esta sección se desarrollan los tópicos relacionados al diseño de los enlaces de la solución ya listados en la Tabla 3.18. Se ha seguido la misma metodología que en la sección anterior.

a. Enlace SE Tumbes hacia OF Tumbes

Se utiliza el equipamiento (MDS Intrepid WL-HE, MDS INTREPID WL respectivamente). Solo varía el SSID radiado (ENOSA 20). Los siguientes son los datos obtenidos del Path Loss. La Figura 3.29 muestra la gráfica obtenida. Los datos obtenidos del Path Loss se muestran en la Tabla 3.20.

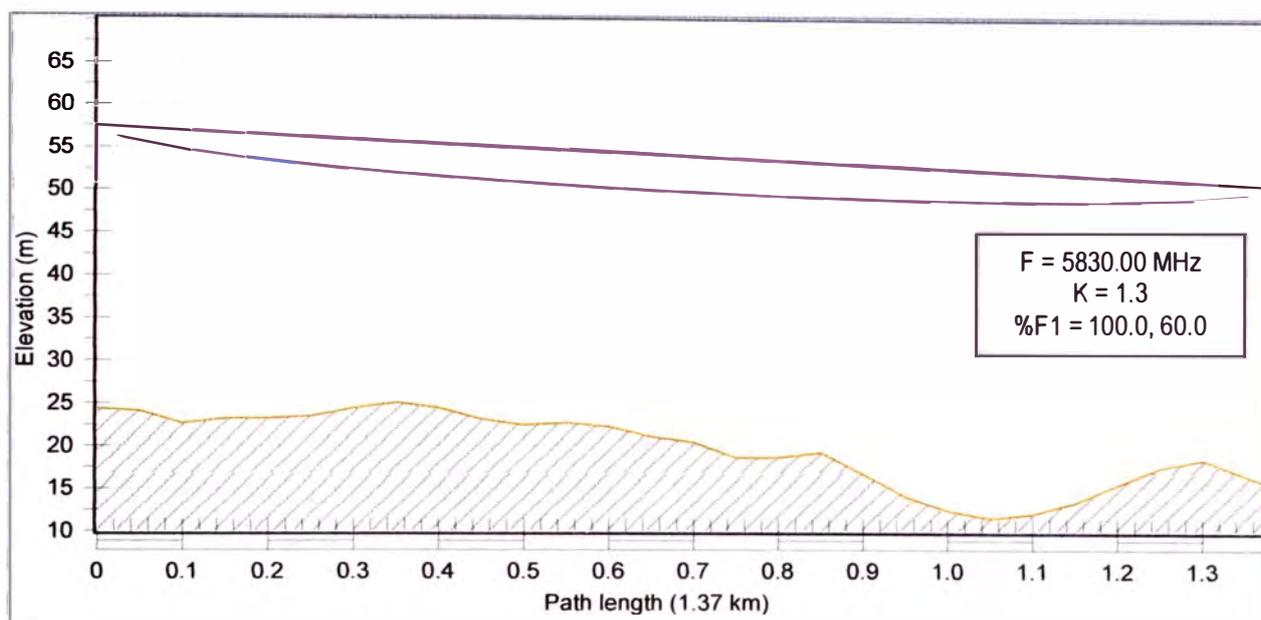


Figura 3.29 Zonas de Fresnel enlace SE Tumbes hacia OF Tumbes (Fuente: Path Loss)

Tabla 3.20 Datos proporcionados - enlace SE Tumbes a OF Tumbes (Fuente: Path Loss)

Parámetro	SE Tumbes	OF Tumbes
Latitud	03 34 31.28 S	03 34 08.54 S
Longitud	080 26 51.22 W	080 27 29.52 W
Azimuth verdadero (°)	300.58	120.58
Ángulo vertical (°)	-0.28	0.27
Elevación	24.34	15.7
Ganancia de antena (dBi)	22	22
Altura de antenas (m)	33	35
Frecuencia (MHz)	5830	
Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	1.37	
Pérdida en el espacio libre (dB)	110.53	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.01	
Pérdida de trayectoria neta	66.55	66.55
Potencia Tx (dBm)	14	14

EIRP (dBm)	36	36
Nivel de umbral de recepción	-90	-90
Señal de recepción	-52.55	-52.55
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	37.45	37.45
Margen de desvanecimiento dispersivo	35	35
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	1.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	33.05	33.05
Factor C	2.0	

b. Enlace SE Tumbes hacia R37A

Se utiliza el mismo equipamiento (MDS Intrepid WL-HE, MDS INTREPID WL respectivamente). Solo varía el SSID radiado (ENOSA 23). Los siguientes son los datos obtenidos del Path Loss. La Figura 3.30 muestra la gráfica obtenida. Los datos obtenidos del Path Loss se muestran en la Tabla 3.21.

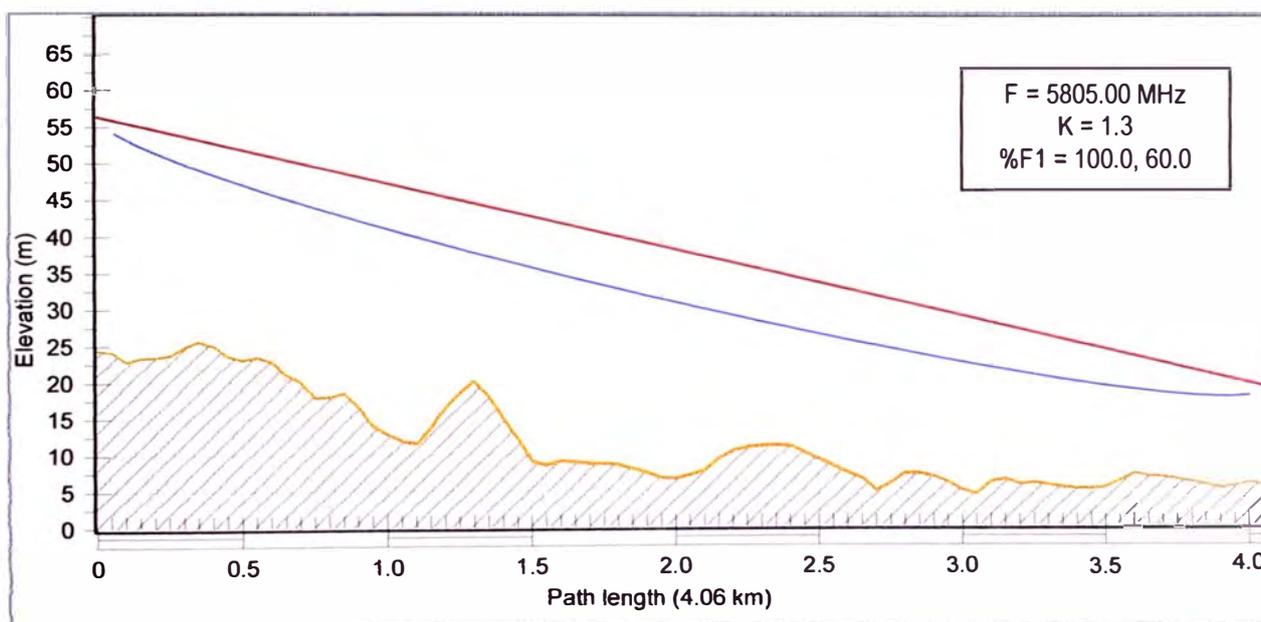


Figura 3.30 Zonas de Fresnel enlace SE Tumbes hacia R37A (Fuente: Path Loss)

Tabla 3.21 Datos proporcionados para enlace SE Tumbes a R37A (Fuente: Path Loss)

Parámetro	SE Tumbes	R37A
Latitud	03 34 31.28 S	03 33 21.39 S
Longitud	080 26 51.22 W	080 28 42.78 W
Azimuth verdadero (°)	301.94	121.94
Ángulo vertical (°)	-0.54	0.51
Elevación	24.34	5.55
Ganancia de antena (dBi)	22	22
Altura de antenas (m)	32	13.6
Frecuencia (MHz)	5805	
Polarización	Vertical	

Longitud del enlace (Km)	4.06	
Pérdida en el espacio libre (dB)	119.91	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.03	
Pérdida de trayectoria neta	75.94	75.94
Potencia Tx (dBm)	14	14
EIRP (dBm)	36	36
Nivel de umbral de recepción	-90	-90
Señal de recepción	-61.94	-61.94
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	28.06	28.06
Margen de desvanecimiento dispersivo	25	25
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	1.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	23.25	23.25
Factor C	2.0	

c. Enlace R37A hacia R42

Se utiliza el equipamiento MDS Intrepid WL-HE para ambas estaciones. Solo varía el SSID radiado (ENOSA 24). Los siguientes son los datos obtenidos del Path Loss. La Figura 3.31 muestra la gráfica obtenida. Los datos obtenidos del Path Loss se muestran en la Tabla 3.22.

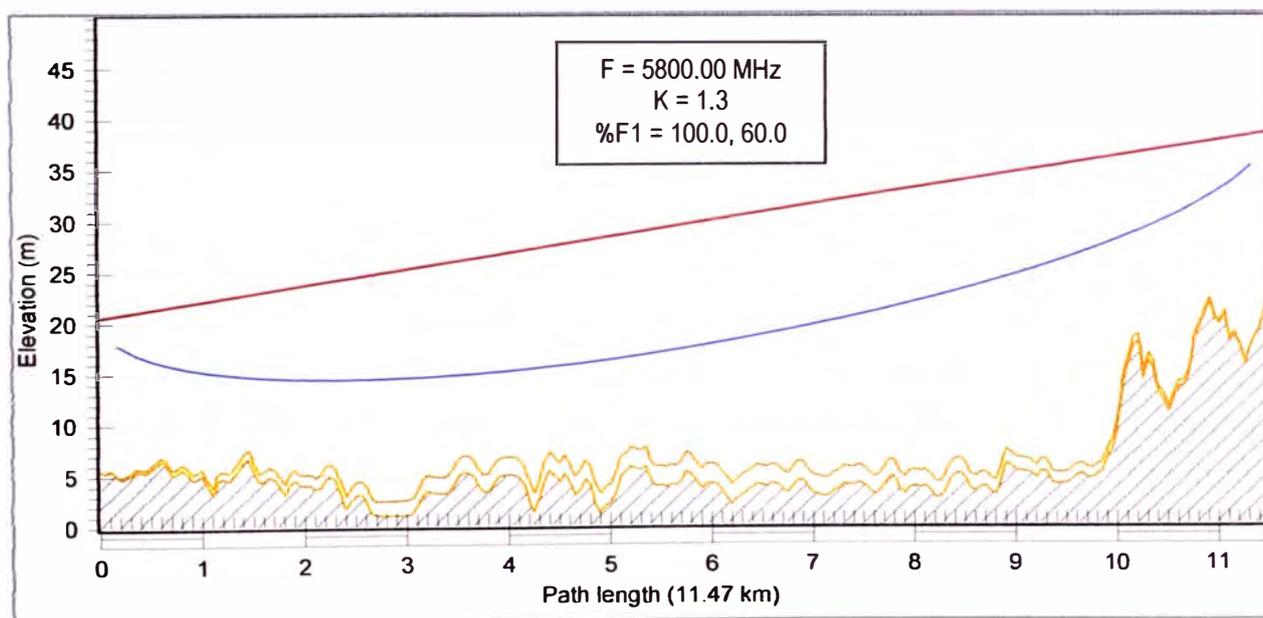


Figura 3.31 Zonas de Fresnel enlace R37A hacia R42 (Fuente: Path Loss)

Tabla 3.22 Datos proporcionados para enlace R37A hacia R42 (Fuente: Path Loss)

Parámetro	R37A	R42
Latitud	03 33 21.39 S	03 37 25.67 S
Longitud	080 28 42.78 W	080 33 24.05 W
Azimuth verdadero (°)	229.16	49.16
Ángulo vertical (°)	0.05	-0.13

Elevación	5.55	23
Ganancia de antena (dBi)	22	22
Altura de antenas (m)	15	15.5
Frecuencia (MHz)	5800	
Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	11.47	
Pérdida en el espacio libre (dB)	128.93	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.1	
Pérdida de trayectoria neta	85.03	85.03
Potencia Tx (dBm)	14	14
EIRP (dBm)	36	36
Nivel de umbral de recepción	-90	-90
Señal de recepción	-71.03	-71.03
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	18.97	18.97
Margen de desvanecimiento dispersivo	16	16
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	1.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	14.23	14.23
Factor C	2.0	

d. Enlace R43 hacia R42

Se utiliza el equipamiento MDS Intrepid WL para ambas estaciones. Solo varía el SSID radiado (ENOSA 25). Los siguientes son los datos obtenidos del Path Loss. La Figura 3.32 muestra la gráfica obtenida. Los datos obtenidos del Path Loss se muestran en la Tabla 3.23.

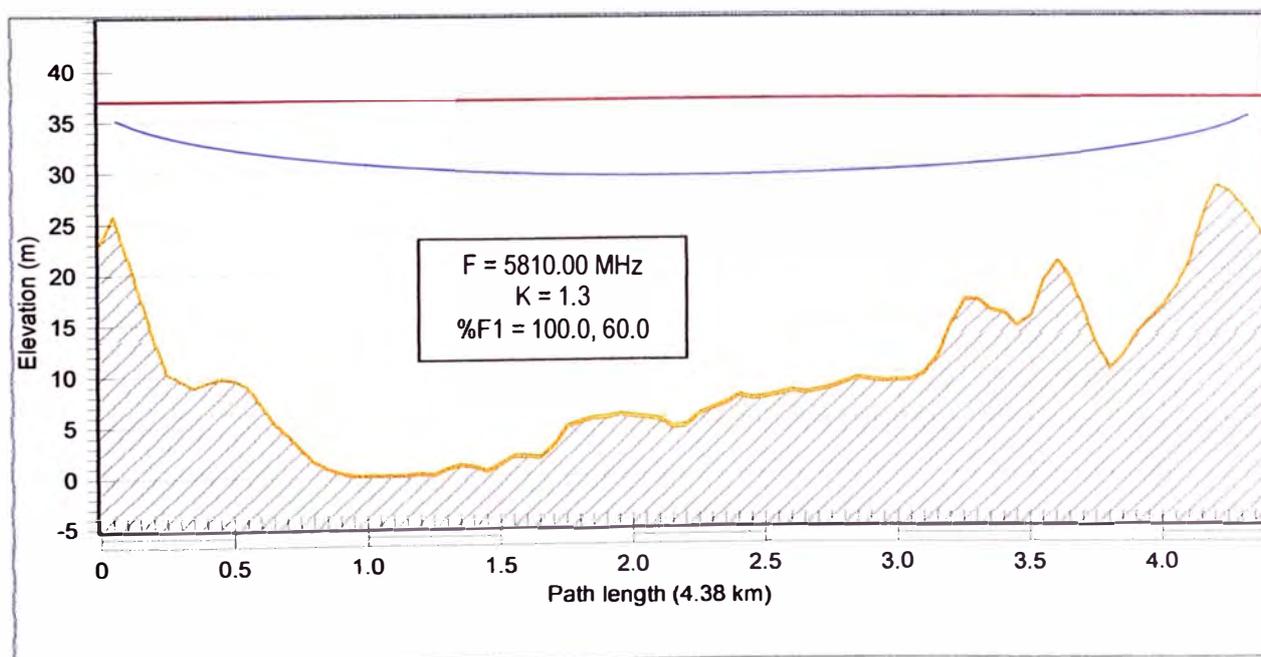


Figura 3.32 Zonas de Fresnel enlace R43 hacia R42 (Fuente: Path Loss)

Tabla 3.23 Datos proporcionados para enlace R43 hacia R42 (Fuente: Path Loss)

Parámetro	R43	R42
Latitud	03 38 21.98 S	03 37 25.67 S
Longitud	080 35 34.58 W	080 33 24.05 W
Azimuth verdadero (°)	66.76	246.76
Ángulo vertical (°)	-0.01	-0.01
Elevación	22.98	23
Ganancia de antena (dBi)	22	22
Altura de antenas (m)	14	14
Frecuencia (MHz)	5810	
Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	4.38	
Pérdida en el espacio libre (dB)	120.59	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.04	
Pérdida de trayectoria neta	76.62	76.62
Potencia Tx (dBm)	14	14
EIRP (dBm)	36	36
Nivel de umbral de recepción	-90	-90
Señal de recepción	-62.62	-62.62
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	27.38	27.38
Margen de desvanecimiento dispersivo	24	24
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	1.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	22.36	22.36
Factor C	2.0	

e. Enlace SE Tumbes hacia SE Pto Pizarro

Se utiliza el equipamiento MDS Intrepid WL HE-ext para ambas estaciones, dado que la distancia sobrepasaba los 9 km. Solo varía el SSID radiado (ENOSA 26). Los siguientes son los datos obtenidos del Path Loss. La Figura 3.33 muestra la gráfica obtenida. Los datos obtenidos del Path Loss se muestran en la Tabla 3.24.

Tabla 3.24 Datos proporcionados para enlace R43 hacia R42 (Fuente: Path Loss)

Parámetro	R43	R42
Latitud	03 38 21.98 S	03 37 25.67 S
Longitud	080 35 34.58 W	080 33 24.05 W
Azimuth verdadero (°)	66.76	246.76
Ángulo vertical (°)	-0.01	-0.01
Elevación	22.98	23
Ganancia de antena (dBi)	22	22
Altura de antenas (m)	14	14
Frecuencia (MHz)	5810	

Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	4.38	
Pérdida en el espacio libre (dB)	120.59	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.04	
Pérdida de trayectoria neta	76.62	76.62
Potencia Tx (dBm)	14	14
EIRP (dBm)	36	36
Nivel de umbral de recepción	-90	-90
Señal de recepción	-62.62	-62.62
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	27.38	27.38
Margen de desvanecimiento dispersivo	24	24
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	1.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	22.36	22.36
Factor C	2.0	

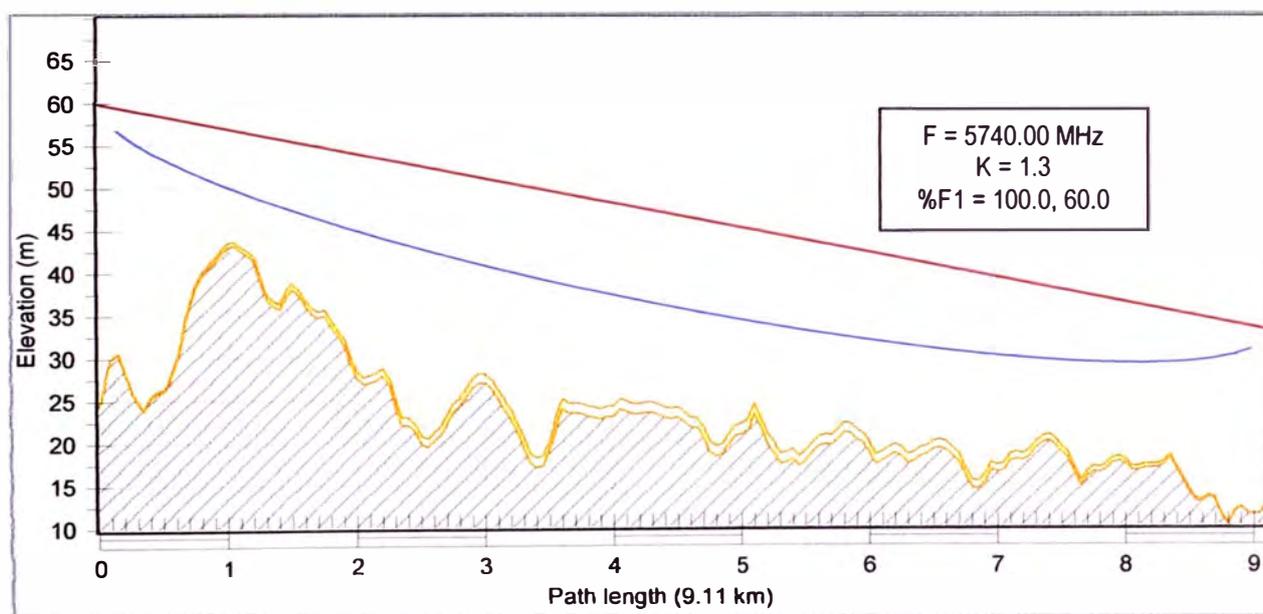


Figura 3.33 Zonas de Fresnel enlace R43 hacia R42 (Fuente: Path Loss)

f. Enlace SE Zarumilla hacia SE Pto Pizarro

Se utiliza el equipamiento MDS Intrepid WL HE-ext para ambas estaciones, dado que la distancia era considerable (11 Km). Solo varía el SSID radiado (ENOSA 27). Los siguientes son los datos obtenidos del Path Loss. La Figura 3.34 muestra la gráfica obtenida. Los datos obtenidos del Path Loss se muestran en la Tabla 3.25.

Tabla 3.25 Datos enlace SE Zarumilla - SE Pto Pizarro (Fuente: Path Loss)

Parámetro	SE Zarumilla	SE Pto Pizarro
Latitud	03 30 37.23 S	03 31 33.12 S
Longitud	080 16 49.98 W	080 22 55.09 W
Azimuth verdadero (°)	261.33	81.34

Ángulo vertical (°)	-0.06	-0.02
Elevación	15.79	12.93
Ganancia de antena (dBi)	32.00	32.00
Altura de antenas (m)	20.50	20.00
Frecuencia (MHz)	5835.00	
Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	11.40	
Pérdida en el espacio libre (dB)	128.93	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.10	
Pérdida de trayectoria neta	65.02	65.02
Potencia Tx (dBm)	16.00	16.00
EIRP (dBm)	48.00	48.00
Nivel de umbral de recepción	-90.00	-90.00
Señal de recepción	-49.02	-49.02
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	40.98	40.98
Margen de desvanecimiento dispersivo	38.00	38.00
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	1.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	36.23	36.23
Factor C	2.0	

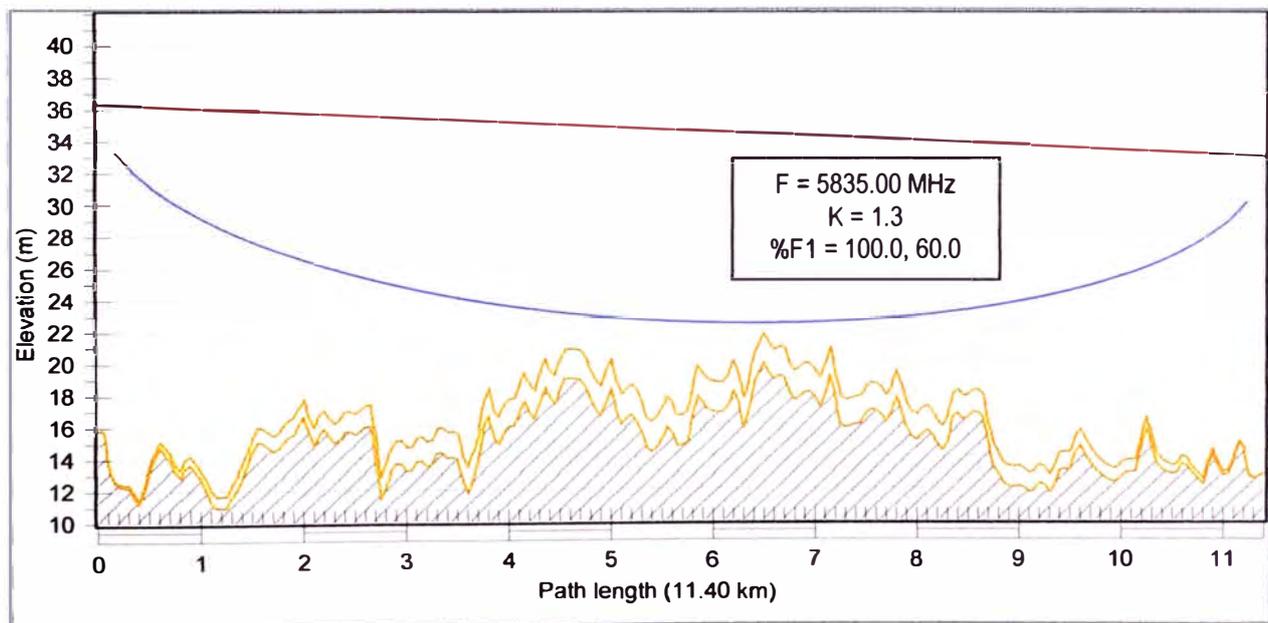


Figura 3.34 Zonas de Fresnel enlace SE Zarumilla - SE Pto Pizarro (Fuente: Path Loss)

g. Enlace SE Zarumilla hacia R36

Se utiliza el equipamiento MDS Intrepid WL HE para ambas estaciones. Solo varía el SSID radiado (ENOSA 28). Los siguientes son los datos obtenidos del Path Loss. La Figura 3.35 muestra la gráfica obtenida. Los datos obtenidos del Path Loss se muestran en

la Tabla 3.26.

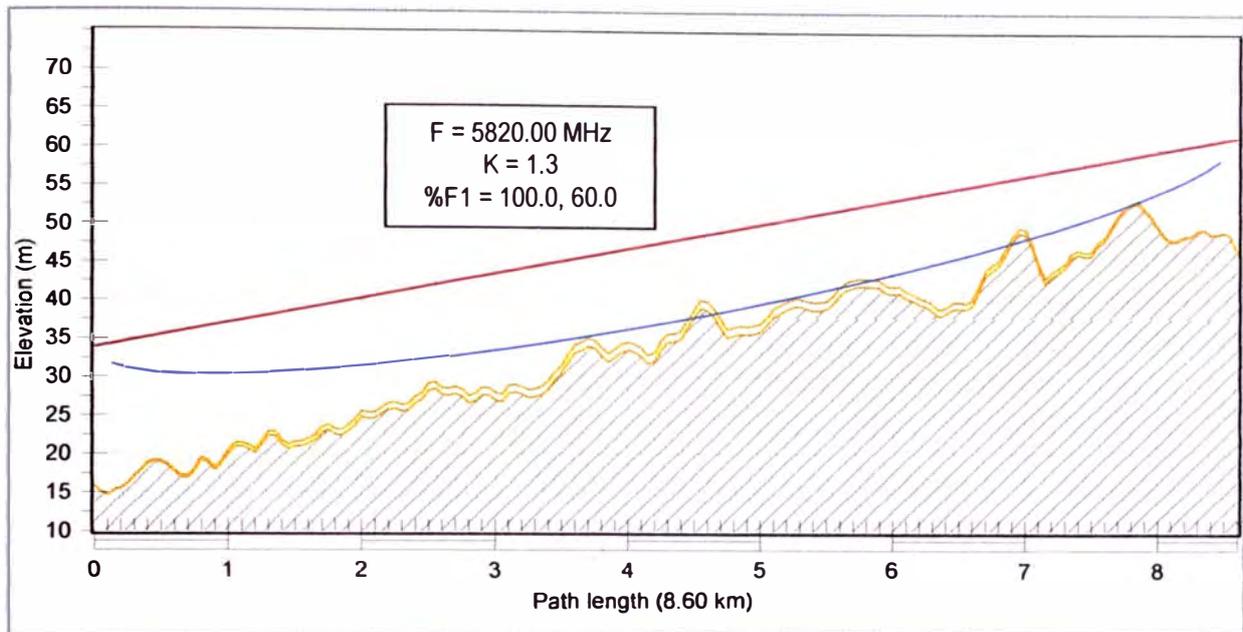


Figura 3.35 Zonas de Fresnel enlace SE Zarumilla hacia R36 (Fuente: Path Loss)

Tabla 3.26 Datos para enlace SE Zarumilla hacia R36 (Fuente: Path Loss)

Parámetro	SE Zarumilla	R36
Latitud	03 30 37.23 S	03 34 22.82 S
Longitud	080 16 49.98 W	080 14 04.85 W
Azimuth verdadero (°)	143.67	323.66
Ángulo vertical (°)	0.16	-0.21
Elevación	15.79	46.54
Ganancia de antena (dBi)	22.00	22.00
Altura de antenas (m)	18.00	15.00
Frecuencia (MHz)	5820	
Polarización	Vertical	
Longitud del enlace (Km)	8.60	
Pérdida en el espacio libre (dB)	126.46	
Pérdida de absorción atmosférica.	0.07	
Pérdida de trayectoria neta	82.53	82.53
Potencia Tx (dBm)	14.00	14.00
EIRP (dBm)	36.00	36.00
Nivel de umbral de recepción	-90.00	-90.00
Señal de recepción	-68.53	-68.53
Margen de desvanecimiento térmico (dB)	21.47	21.47
Margen de desvanecimiento dispersivo	19.00	19.00
Factor de ocurrencia de desvanecimiento dispersivo	1.0	
Margen de desvanecimiento efectivo	17.05	17.05
Factor C	2.0	

3.2.3 Montaje y configuración de equipamiento

Para la UN Tumbes se replicó los pasos y la metodología para el montaje de los elementos así como para su configuración.

Por tal motivo, en esta sección se presentan las imágenes de algunas de las instalaciones terminadas (Figura 3.36 y 3.37)

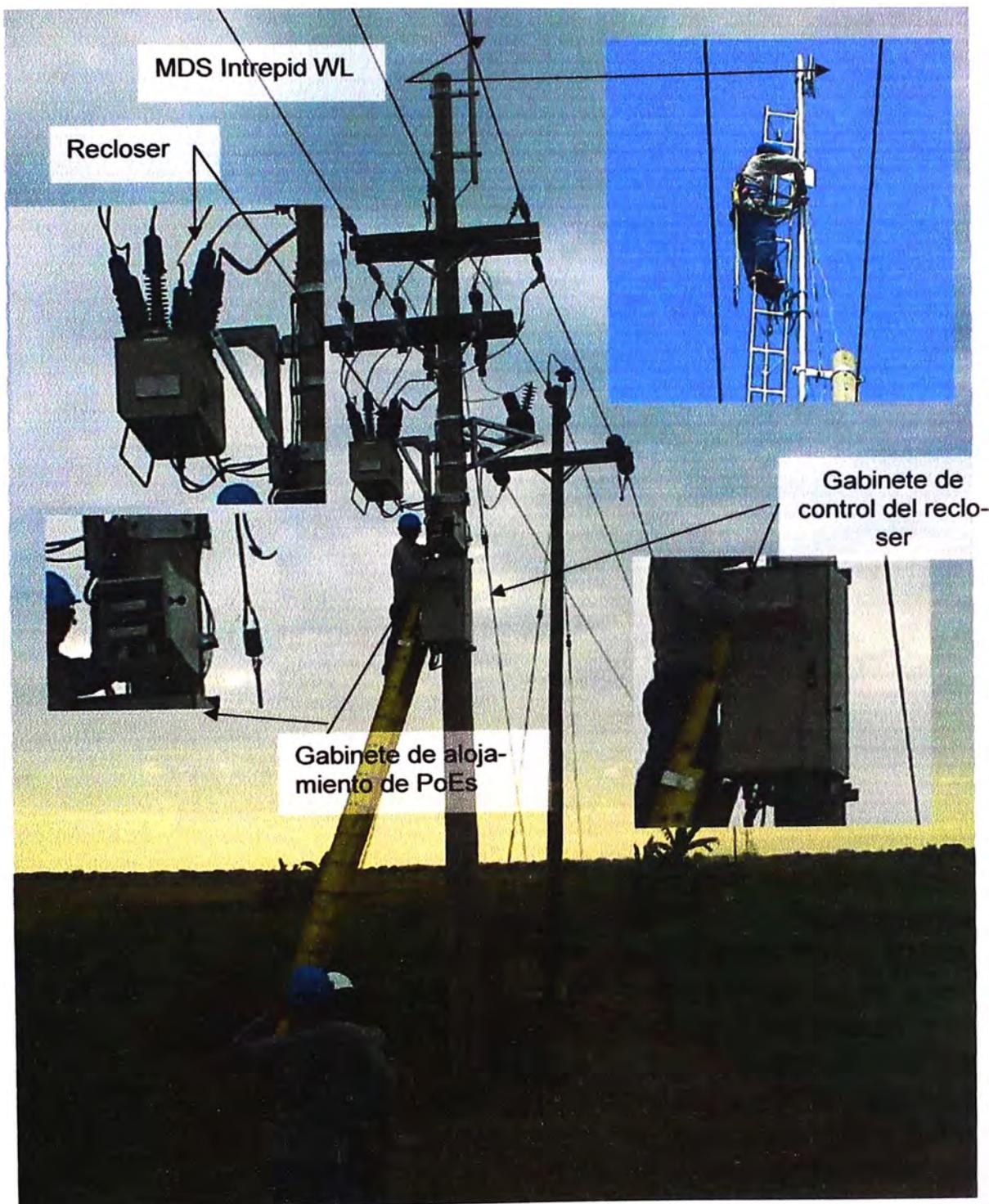


Figura 3.36 Punto del Recloser R37 (Fuente: Elaboración propia)

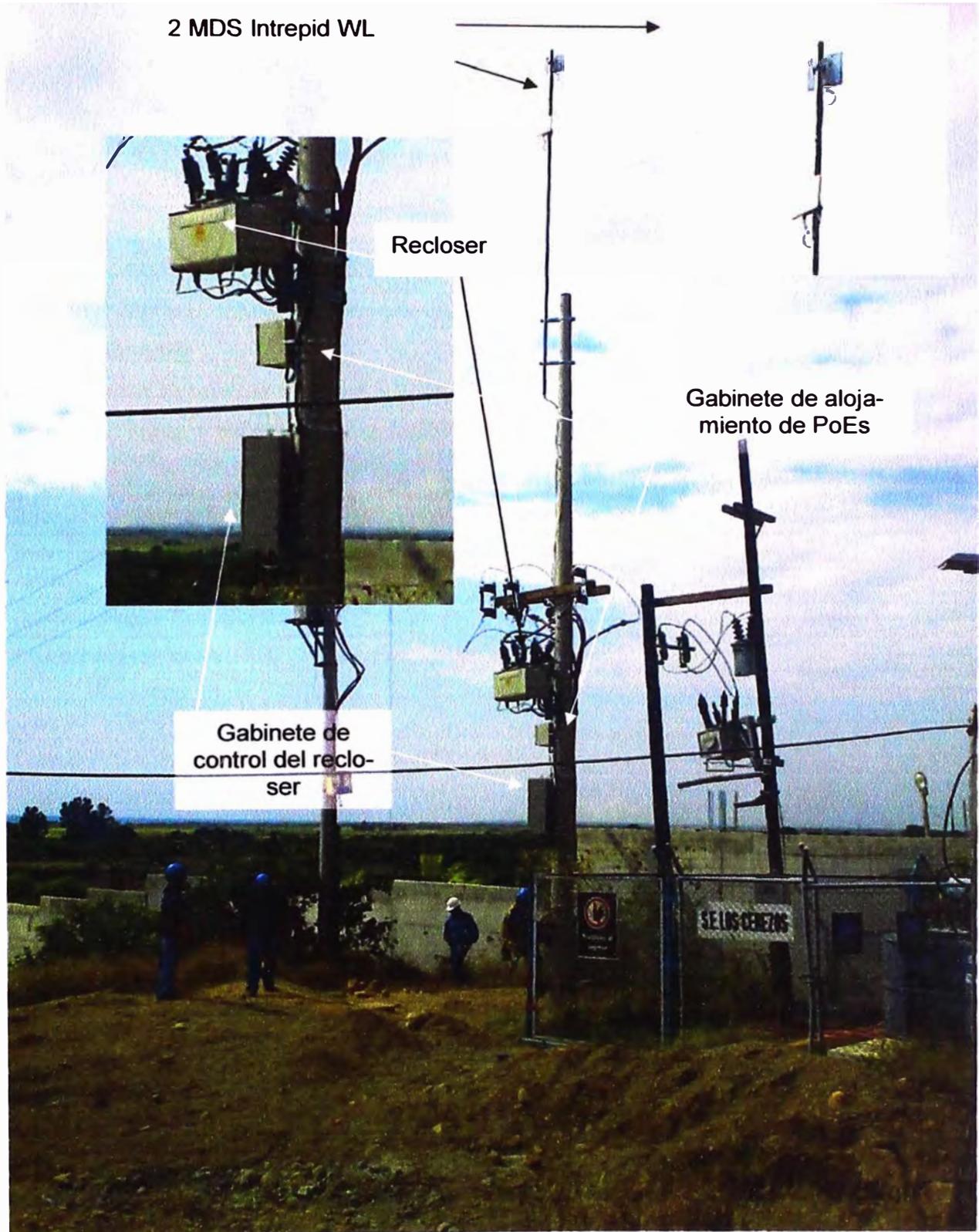


Figura 3.37 Punto del Recloser R42 (Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO IV PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

En el presente capítulo se presenta la estructura de costos del proyecto integral, es decir de todas la Unidades de Negocio que fueron descritas en el capítulo I (Figura 1.1).

4.1 Presupuesto

Las tablas siguientes (Tabla 4.1 a 4.5) listan los precios por instalación y suministros.

Tabla 4.1 Costo de instalación del equipamiento (Fuente: Proyecto)

	Cantidad	P. Unitario	P.Total
Radio Intrepid Wireless Link	82	980.00	80,360.00
Antena 5.8Ghz parabólica 32.5dBi, soporte, cable superflex y protector coaxial	8	392.00	3,136.00
Hub Sincronizador 10-ODUs HSS	6	84.00	504.00
Protector de sobre tensión F/UTP, 2 bornes porta-fusibles y accesorios de instalación	82	67.20	5,510.40
Cable tierra 12 AWG rollo 100m.	11	280.00	3,080.00
Cable SFTP Cat5e 24AWG exteriores marca BELDEN rollo 305m.	13	854.00	11,102.00
Tubo galvanizado de 6m yferreteria	31	140.00	4,340.00
Patchcord de 1.5 m	104	1.40	145.60
TOTAL			108,178.00

Tabla 4.2 Costo de instalación de gabinetes (Fuente: Proyecto)

	Cantidad	P. Unitario	P.Total
Gabinete para exteriores 30x30x25cm	7	920.00	6,440.00
Gabinete adosable 19"x12U, axial fan	18	322.00	5,796.00
Gabinete autosoportado de 19"x42U Evolution	1	322.00	322.00
Router CISCO 1841 con Smartnet CISCO 1841	1	1,288.00	1,288.00
Switch industrial Hirschmann MACH1000, Fast Ethernet 16 puertos - 24DC IEEE1613	19	1,288.00	24,472.00
Llave térmica 6 A DC, riel para fijar equipos	52	32.20	1,674.40
Convertor 220 Vac/24Vdc FUENTE TRIO-PS/1AC/24DC/10 PHOENIX CONTACT	6	193.20	1,159.20
Convertor 110/24 Vdc FUENTE QUINT-PS/1AC/24DC/10 PHOENIX CONTACT	14	193.20	2,704.80
PoE-8 Dispositivo de Alimentación hasta 8 Wireless Link	6	460.00	2,760.00
TOTAL			46,616.40

Tabla 4.3 Costo de instalación torres de estructura metálica (Fuente: Proyecto)

	Cantidad	P. Unitario	P.Total
Tramos de torre ventada (3m).	8	142.80	1,142.40
Torre autosoportada 21m. Y luz de balizaje	1	6,043.20	6,043.20
Torre autosoportada 27m. Y luz de balizaje	1	11,524.00	11,524.00
Ferretería de instalación de torres	5	618.80	3,094.00
TOTAL			21,803.60

Tabla 4.4 Costo de Gabinetes de comunicación (Fuente: Proyecto)

	Cantidad	P. Unitario	P.Total
Gabinete para exteriores 30x30x25cm	7	425.31	2,977.17
Gabinete adosable 19"x12U, axial fan	18	913.92	16,450.56
Gabinete autosoportado de 19"x42U Evolution	1	3,136.00	3,136.00
Router CISCO 1841 con Smartnet CISCO 1841	1	3,745.28	3,745.28
Switch industrial Hirschmann MACH1000, Fast Ethernet 16 puertos - 24DC IEEE1613	19	8,470.00	160,930.00
Protector de sobre tensión F/UTP	82	102.00	8,364.00
Convertor 220 Vac/24Vdc FUENTE TRIO-PS/1AC/24DC/10 PHOENIX CONTACT	6	896.00	5,376.00
Convertor 110/24 Vdc FUENTE QUINT-PS/1AC/24DC/10 PHOENIX CONTACT	14	1,290.24	18,063.36
PoE-8 Dispositivo de Alimentación hasta 8 Wireless Link	6	1,326.08	7,956.48
TOTAL			226,998.85

Tabla 4.5 Costo de radios y antenas (Fuente: Proyecto)

	Cantidad	P. Unitario	P.Total
MDS Intrepid IDU + ODU. Antena Integrada 22 dBi, Doble puerto Ethernet, Tx Power 16 dBm. 20-60 VDC.	41	5652.5	231752.5
MDS Intrepid IDU + ODU HE. Antena Integrada 22 dBi, Doble puerto Ethernet, Tx Power 23 dBm. Soporta HSS . 20-60 VDC.	33	7647.5	252367.5
MDS Intrepid IDU + ODU HE + Antena Externa Dish 32dBi ,Doble puerto Ethernet, Tx Power 23 dBm. Soporta HSS. 20-60 VDC.	8	9826.875	78615
MDS Intrepid Hub Site Synchronization. Soporta hasta 8 ODU.Cable 5m	6	1162.5	6975
TOTAL			569,710

La suma de los presupuestos parciales da un total de S/. 973,306.85. Al aplicarle el IGV el total asciende a S/. 1'148,502.08

4.2 Cronograma

El diagrama de Gannt se muestra en la Figura 4.1

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. La solución de comunicaciones permitió cumplir con el objetivo propuesto, es decir, brindar conectividad al sistema de monitoreo y control de reclosers en media tensión de las Unidades de Negocio de los departamentos de Tumbes y Piura para la empresa EN-OSA.
2. Todos los radioenlaces fueron establecidos satisfactoriamente, haciendo que la comunicación entre los reclosers y el Centro de Control de Piura no manifestaran fallas.
3. Se logró asegurar una mayor estabilidad y confiabilidad en los enlaces múltiples punto mediante la incorporación del equipo sincronizador, el cual eliminó la interferencia entre antenas instaladas en una misma locación,

Recomendaciones

1. Realizar de forma periódica un análisis de espectro en las locaciones donde están instaladas las radios y en donde alrededor se observe un mayor crecimiento urbano, ya que pueden existir otros enlaces implementados por terceras personas y crear interferencia en los enlaces del proyecto. De ocurrir este problema se deberá cambiar el canal del enlace a otro donde se observe libre de interferencias.
2. Realizar estudios de líneas de vista constantemente porque los enlaces están atravesando la ciudad y al realizar construcciones o colocar carteles grandes o los mismos árboles que crecen en altura, dificultarían la línea de vista.
3. Realizar un mantenimiento periódico a las estructuras en donde están ubicadas las antenas como son los mástiles y torres de comunicación, ya que de deteriorarse pueden provocar desalineamiento en las antenas, con ello pérdida del enlace, también pueden ocasionar accidentes.

ANEXO A
FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DEL ENLACE INALÁMBRICO
Y DE LA ZONA DE FRESNEL

A.1 Cálculo de zonas de Fresnel

La zona de Fresnel proviene de la teoría de ondas electromagnéticas según la cual el frente de onda, como el de haz, tiene propiedades de expansión conforme se propaga en el espacio. Estas propiedades de expansión dan como resultado reflexiones y transiciones de fases cuando la onda pasa sobre un obstáculo; el efecto es el incremento o decremento en el nivel de la señal que se recibe.

La cantidad de margen adicional que se debe dejar sobre los obstáculos para evitar los problemas del fenómeno de Fresnel (difracción) se expresa mediante las zonas de Fresnel.

El radio de la primera zona de Fresnel se calcula con la fórmula:

$$R=17.3 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{f_{(\text{GHz})}(d_1+d_2)}} \quad (\text{A.1})$$

Dónde:

f = Frecuencia en GHz.

d_1 = Distancia desde la antena de transmisión hasta el obstáculo (en kilómetros).

d_2 = Distancia desde el obstáculo en la trayectoria hasta la antena de recepción (en kilómetros).

De acuerdo a los cálculos y perfiles de elevación se obtuvieron resultados que están dentro del margen de operatividad de los enlaces.

Estos cálculos se realizaron teóricamente con datos obtenidos en el estudio de campo las cuales fueron confirmadas con las herramientas de software tales como Path Loss, Google Earth y el Link Budget Calculator (calculadora del equipo).

A.2 Cálculo de los enlaces inalámbricos

Todos los nuevos enlaces punto a punto del Sistema de Comunicaciones instalado se encuentran operando en la frecuencia de 5.8GHz, esta banda no requiere licencia para su operación dentro de la zona urbana y rural.

Para el cálculo del EIRP o PIRE se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{EIRP}=\text{TxPower}+\text{GananciaAntena}_{\text{SitioA}}-\text{PérdidasCable}_{\text{SitioA}} \quad (\text{A.2})$$

El nivel de recepción de señal (Nivel Rx o RSS) se calcula de la siguiente manera:

$$\text{ExpectedRSS}=\text{EIRP}-\text{PathLoss}+\text{GananciaAntena}_{\text{SitioB}}-\text{PérdidasCable}_{\text{SitioB}} \quad (\text{A.3})$$

Donde *PathLoss* es la pérdida total en el espacio libre.

Para la elección del tipo de radio y antena depende de la distancia de enlace, el fabricante recomienda que el nivel de recepción de señal (Expected RSS) no sea menor que 70 dBm, por tal razón se usaron los radios descritos en el capítulo III.

ANEXO B
ESQUEMA GENERAL DE COMUNICACIONES UNIDAD DE NEGOCIO PIURA

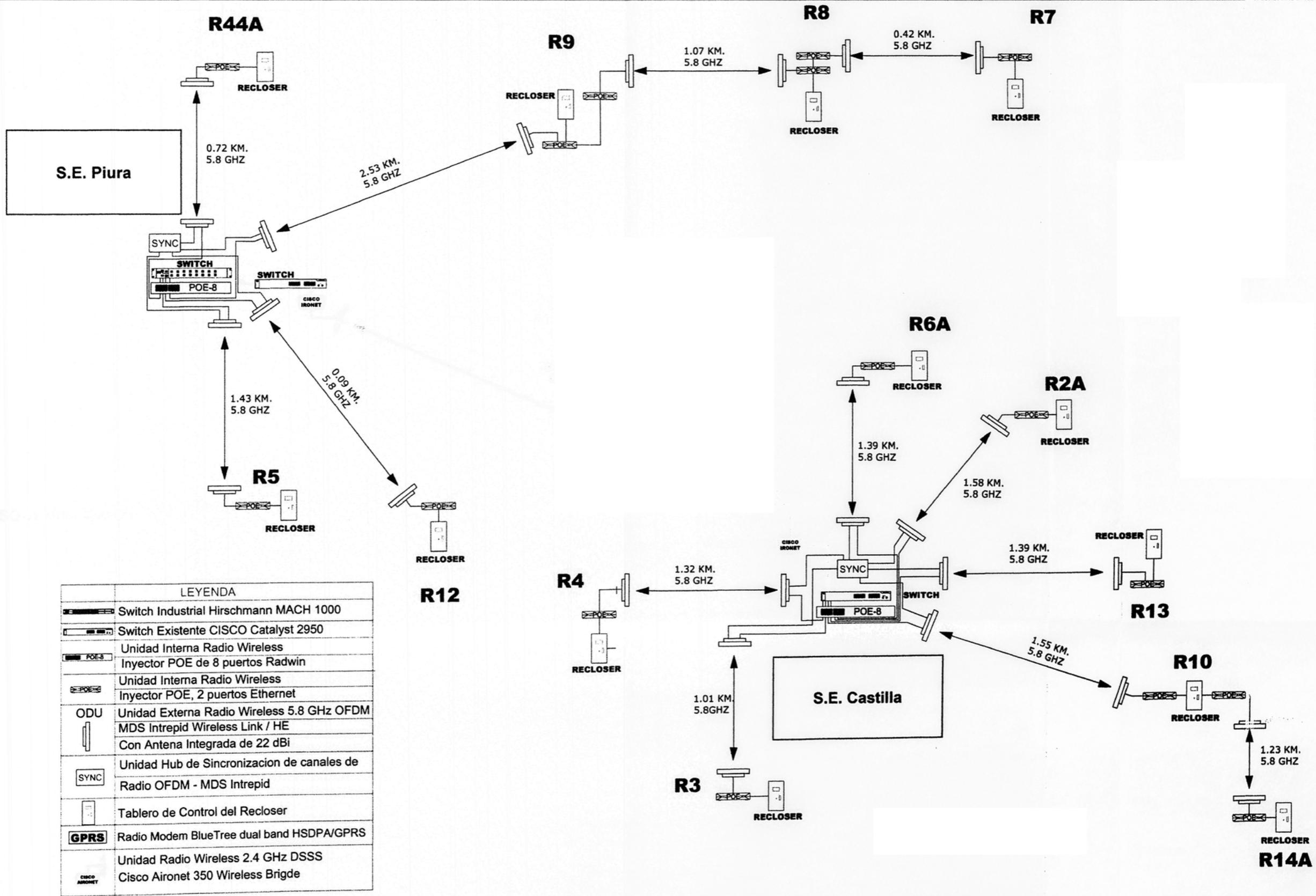
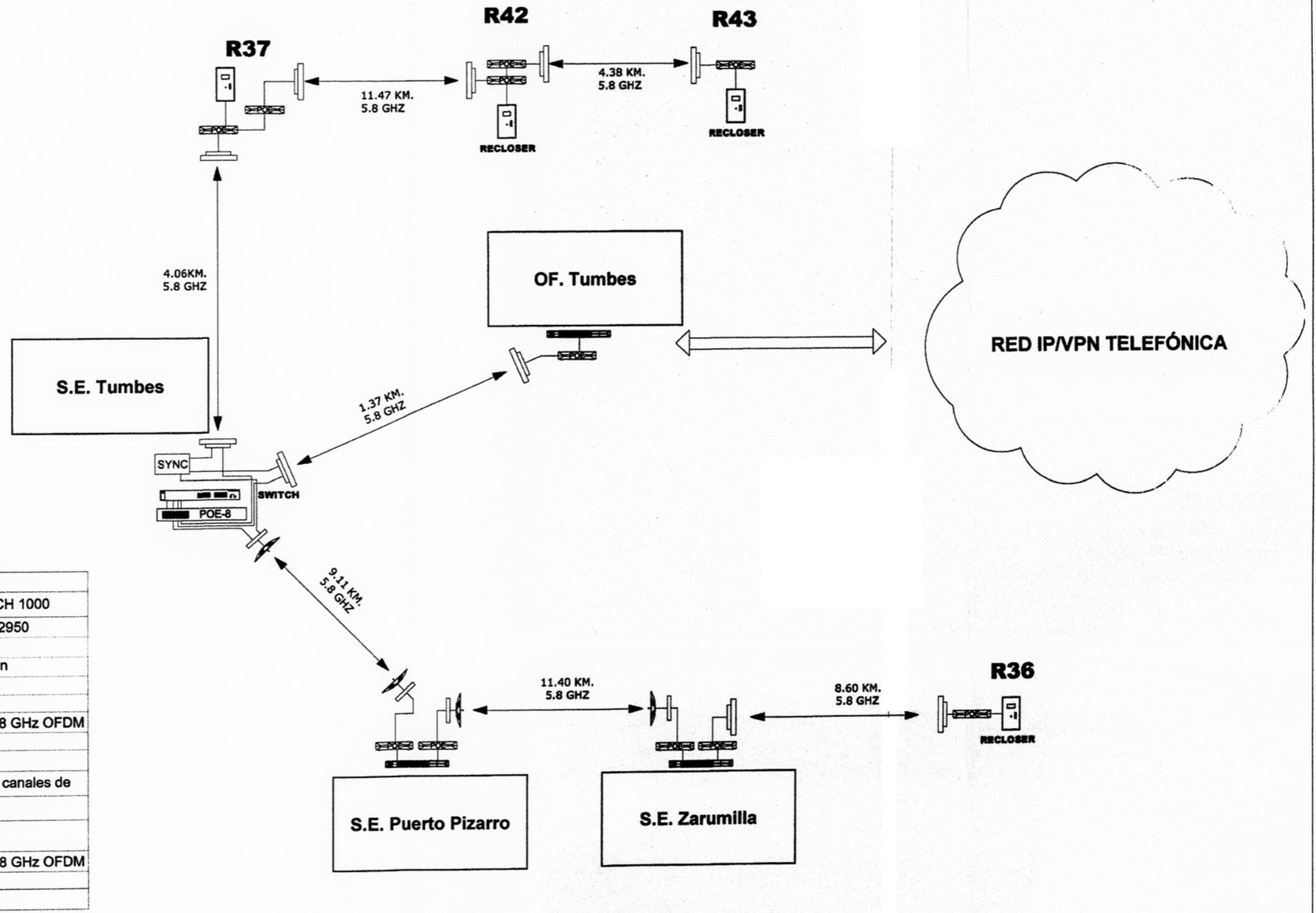


Figura B.1 Esquema general de comunicaciones Unidad de Negocio Piura (Fuente: Elaboración . Propia)

ANEXO C
ESQUEMA GENERAL DE COMUNICACIONES UNIDAD DE NEGOCIO TUMBES



LEYENDA	
	Switch Industrial Hirschmann MACH 1000
	Switch Existente CISCO Catalyst 2950
	Unidad Interna Radio Wireless Inyector POE de 8 puertos Radwin
	Unidad Interna Radio Wireless Inyector POE, 2 puertos Ethernet
	Unidad Externa Radio Wireless 5.8 GHz OFDM MDS Intrepid Wireless Link / HE Con Antena Integrada de 22 dBi
	Unidad Hub de Sincronizacion de canales de Radio OFDM - MDS Intrepid
	Tablero de Control del Recloser
	Unidad Externa Radio Wireless 5.8 GHz OFDM MDS Intrepid Wireless Link / HE Con Antena Externa de 32 dBi

Figura C.1 Esquema general de comunicaciones Unidad de Negocio Tumbes (Fuente: Elaboración. Propia)

ANEXO D
GLOSARIO DE TÉRMINOS

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AES	Esquema de cifrado por bloques adoptado como un estándar de cifrado por el gobierno de los Estados Unidos.
BPSK	Modulación de desplazamiento de fase binario, es una forma de modulación angular que consiste en hacer variar la fase de la portadora entre un número de valores discretos.
CCO	Acrónimo usado generalmente para designar al Centro de Control y Operaciones
EDGE	Es una tecnología de la telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 3G. EDGE se considera una evolución del GPRS. Esta tecnología funciona con redes GSM.
EGPRS	GPRS mejorado
EIRP	PIRE (Effective Isotropic Radiated Power) es la potencia de entrada que sería necesaria en un radiador isotrópico para tener la misma densidad de potencia a la distancia considerada, en la dirección de máxima radiación de la antena real.
FOP	Acrónimo de Fibras Ópticas Plásticas
GPRS	Es una extensión del Sistema Global para Comunicaciones Móviles o GSM para la transmisión de datos mediante conmutación de paquetes. Sus siglas provienen de su nombre inglés "General Packet Radio Service"
GSM	Es el denominado Sistema global para las comunicaciones móviles, considerado por su velocidad de transmisión y otras características, un estándar de segunda generación (2G). Su siglas provienen de su denominación en inglés "Global System for Mobile Communications"
HSDPA	Es la evolución de la tercera generación (3G) de tecnología móvil, llamada 3.5G, y se considera el paso previo antes de la cuarta generación (4G), la futura integración de redes. Sus siglas provienen de su nombre en inglés "High Speed Downlink Packet Access"
HSS	Son las siglas del dispositivo de sincronización de las transmisiones y recepciones de los equipos de radio. Sus siglas provienen de su nombre en inglés "Hub Site Synchronization"
IP	Protocolo de Internet
OFDM	Es la denominada Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales. Es una multiplexación que consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información.

Sus siglas provienen de su nombre en inglés "de sus siglas en inglés "Orthogonal Frequency Division Multiplexing".

- QAM** Es la La Modulación de amplitud en cuadratura. Es una técnica que transporta datos, mediante la modulación de la señal portadora, tanto en amplitud como en fase. Esto se consigue modulando una misma portadora, desfasada en 90°. Sus siglas provienen del inglés Quadrature amplitude modulation.
- QPSK** Es la modulación por desplazamiento de fase en cuadratura o PSK (Phase Shift Keying). Consiste en hacer variar la fase de la portadora entre un número de valores discretos
- SSID** Es un nombre incluido en todos los paquetes de una red inalámbrica para identificarlos como parte de esa red o enlace. Sus siglas provienen de su nombre en inglés "Service Set Identifier".
- TDD** Time-Division Duplex es la aplicación de time-division multiplexing para separar las señales salientes de las de retorno. Emula comunicaciones full duplex sobre un enlace half duplex.
- TDM** La multiplexación por división de tiempo es una técnica que permite la transmisión de señales digitales y cuya idea consiste en ocupar un canal (normalmente de gran capacidad) de transmisión a partir de distintas fuentes.
- UMTS** El Sistema universal de telecomunicaciones móviles es una de las tecnologías usadas por los móviles de 3ra generación, Sus siglas provienen de su nombre en inglés "Universal mobile telecommunications system",
- UN** Unidad de negocios

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ITU-R P.530 "Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa". <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.530/es>
- [2] ITU-R P.1060 "Factores de propagación que afectan a la compartición de frecuencias en sistemas terrenales en ondas decamétricas". <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.1060/es>
- [3] ITU-R P.1407 "Propagación por trayectos múltiples y parametrización de sus características".
- [4] ITU-R P.1411 "Datos de propagación y métodos de predicción para la planificación de los sistemas de radiocomunicaciones de exteriores de corto alcance y redes de radiocomunicaciones de área local en la gama de frecuencias de 300 MHz a 100 GHz".
- [5] Link Budget, Herramienta de cálculo de la Empresa Radwin proporcionada por el fabricante con el equipo.
- [6] Delcrosa, "Estudio del Sistema de Telecomunicaciones del Equipamiento de Maniobra y Protección de ELECTRONOROESTE SA" Unidad de Negocio Tumbes
- [7] Delcrosa, "Estudio del Sistema de Telecomunicaciones del Equipamiento de Maniobra y Protección de ELECTRONOROESTE SA" Unidad de Negocio Piura
- [8] Delcrosa Memoria Descriptiva "Repotenciación de equipamiento de maniobra y protección de subestaciones de potencia, control y automatización de alimentadores en media tensión de ENOSA"
- [9] RFJ Comunicaciones, "Estudio Económico del proyecto integral de equipamiento de maniobra, protección y control de líneas primarias y alimentadores en media tensión de ENOSA."