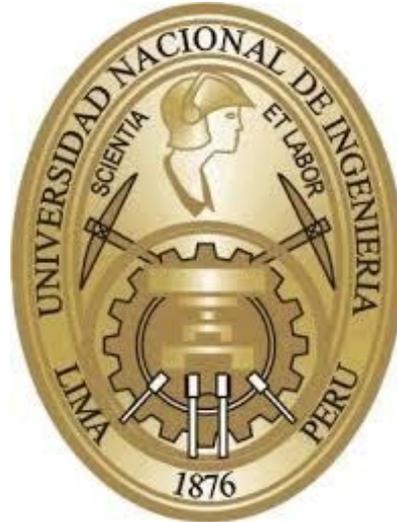


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES Y
AUTOMATIZACIÓN PARA LAS SUBESTACIONES LA
VIÑA, NUEVA MOTUPE, PAMPA PAÑALA Y EL CENTRO
DE CONTROL DE ELECTRONORTE S.A.**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO

ELABORADO POR:

JUAN PABLO CAYCHO VALENCIA

ASESOR

ING. PAUL FERNANDO TRONCOSO CASTRO

LIMA – PERÚ
2021

**SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES Y
AUTOMATIZACIÓN PARA LAS SUBESTACIONES LA
VIÑA, NUEVA MOTUPE, PAMPA PAÑALA Y EL CENTRO
DE CONTROL DE ELECTRONORTE S.A.**

Dedico este trabajo a Dios, a mi hija Andrea, hermanos, esposa y en especial, a la memoria de mis padres Urbano Caycho y Juana Valencia.

SUMARIO

Ante la necesidad de energía eléctrica en las zonas urbanas del departamento de Lambayeque, la empresa Electronorte S.A. ha desarrollado el estudio y la construcción de dos nuevas subestaciones: Nueva Motupe y Pampa Pañala; la ampliación de la subestación La Viña y la línea de transmisión en 60 kV, con el fin de atender la demanda energética de esa zona.

Así mismo, este proyecto también desarrolla la automatización de las subestaciones eléctricas y la implementación de las comunicaciones de estos sistemas.

La implementación y la funcionabilidad (operatividad) del sistema de telecomunicaciones y automatización de las nuevas subestaciones eléctricas del proyecto, La Viña, Nueva Motupe y Pampa Pañala, presenta los niveles de control en el proceso de transmisión (60 kV) y distribución (22.9/10 kV) de la energía eléctrica a través de equipos electromecánicos de alta tensión que se encuentran controladas por equipos IED's (Intelligent Electronic Device) implementados en la sala eléctrica de cada subestación, así como su operación y administración mediante sistemas remotos ubicado en el centro de control de la empresa Electronorte S.A. ubicada en la ciudad de Chiclayo, la cual se encuentran enlazada al sistema de telecomunicaciones inalámbricas y de fibra óptica.

Este proyecto cuenta con una red de telecomunicaciones utilizando como infraestructura la fibra óptica tipo OPGW y radio enlaces entre las subestaciones La Viña, Nueva Motupe, Pampa Pañala y el centro de control de la empresa Electronorte S.A. en la que se realiza la transferencia de datos de mando y control para su operación y mantenimiento a nivel remoto. Para tal propósito, se ha implementado un equipo RTU (Unidad de Terminal Remota) en cada subestación con los protocolos necesarios para su comunicación, así como de un panel interface hombre máquina (HMI) que permite el control remoto de los equipos de maniobra en las subestaciones, además del registro secuencial de eventos.

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	
DESARROLLO GENERAL DEL PROYECTO	3
1.1 Objetivo del proyecto	3
1.2 Problemática a resolver	3
1.3 Afectados por el problema	6
1.4 Lo que ha de implementarse	7
1.5 Localización del proyecto	8
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	11
2.1 Fibra óptica	13
2.2 Microondas	19
2.3 Redes de Networking	26
2.4 SCADA	33
2.5 Protocolo de comunicaciones.....	34
CAPÍTULO III	
PRESENTACIÓN DEL PLAN DEL PROYECTO.....	38
3.1 Organización para ejecución del proyecto.....	38
3.2 Tiempo para ejecución y determinación del cronograma del proyecto.....	42
3.3 Liquidación del proyecto	43
CAPÍTULO IV	
INGENIERÍA DEL PROYECTO	45
4.1 Solución técnica del proyecto.....	45
4.2 Rutas de comunicación	47

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO	110
5.1 Financiación de la ejecución y operación del proyecto	110
5.2 Elaboración del análisis económico.....	112
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	122
BIBLIOGRAFÍA	124
ANEXO A:	126
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	127
ÍNDICE DE FIGURAS	133
ÍNDICE DE TABLAS.....	136
LISTA DE FUNCIONES DE PROTECCIÓN	138
LISTA DE TÉRMINOS.....	139
ANEXO B: CRONOGRAMA DEL PROYECTO	142
ANEXO C: PANEL FOTOGRÁFICO	146

PRÓLOGO

En el presente trabajo de suficiencia profesional se desarrolla la ingeniería del proyecto “Sistemas de telecomunicaciones y automatización para las subestaciones La Viña, Nueva Motupe, Pampa Pañala y el centro de control de Electronorte S.A.” en relación al sistema de telecomunicaciones y automatización diseñadas e implementadas entre las subestaciones eléctricas La Viña, Nueva Motupe, Pampa Pañala y el centro de control de la empresa Electronorte S.A., el cual consta de cinco partes:

Capítulo I: Desarrollo general del proyecto.

Este capítulo se encarga de presentar el desarrollo del proyecto, así como soluciones a los problemas presentados durante el montaje del cable de fibra óptica OPGW y de la línea de transmisión eléctrica que van sobre las estructuras de celosía; así mismo, se presentan las modificaciones al diseño de las redes de microondas contenidas en la Ingeniería Definitiva, con el fin de mejorar las comunicaciones inalámbricas.

Capítulo II: Marco teórico conceptual.

En el marco teórico se presentan los conceptos basados en fibra óptica, en microondas, en redes Networking y en protocolos de comunicación, donde se han desarrollado los principios de su funcionamiento y las propiedades que lo rigen; estos conceptos han servido para diseñar los sistemas de comunicaciones y control en las subestaciones eléctricas y en la sede principal de Electronorte S.A., siendo aplicadas en la ingeniería del proyecto.

Capítulo III: Presentación del plan del proyecto.

En este capítulo se cuantifica el tiempo del proyecto mostrando el cronograma respectivo y se definen los recursos para la ejecución del proyecto; así mismo, se crea un plan de trabajo donde el gerente del proyecto planifica, gestiona y realiza el seguimiento del progreso de su equipo de trabajo y de la obra.

Capítulo IV: Ingeniería del proyecto.

En este capítulo se desarrollan los requisitos técnicos y funcionales del equipamiento que conforma el sistema de telecomunicaciones y de la automatización, así como las especificaciones técnicas que han sido requeridas para cumplir con la implementación del sistema de comunicaciones, cuyo fin es transmitir la información de forma bidireccional (voz, datos y teleprotecciones) entre los puestos de supervisión de las subestaciones y el centro de control de operaciones de Electronorte S.A.

Para la comunicación entre las subestaciones y el centro de control de Electronorte S.A., se han utilizado dos soluciones, la primera como solución principal que utiliza la fibra óptica y la segunda utiliza un radioenlace como sistema redundante.

Capítulo V: Análisis económico.

En este capítulo se detalla el costo que implica el proyecto en lo referente al sistema de comunicaciones y control. En esta parte se analiza los recursos económicos necesarios para el estudio, construcción y pruebas, y por otro lado, las ganancias que se puede obtener. Con estos datos se hacen los cálculos de los ratios económicos y se obtienen las conclusiones que ayudan a tomar las decisiones pertinentes.

CAPÍTULO I

DESARROLLO GENERAL DEL PROYECTO

1.1 Objetivo del proyecto.

Implementar un sistema de telecomunicaciones y control SCADA, para la protección del sistema eléctrico de transmisión y distribución ante una falla o incidencia que pueda presentarse, así como para el control de las propias subestaciones eléctricas del proyecto, siendo esta última la que ha de controlar a nivel local y remoto a través del sistema SCADA, con el fin de garantizar el suministro continuo de energía eléctrica a la nueva red conformada por las subestaciones La Viña, Nueva Motupe, Pampa Pañala y el centro de control de Electronorte S.A. desarrollada en el departamento de Lambayeque, para así atender a los usuarios domésticos, pequeñas empresas, al agro, colegios, hospitales, etc. de esa zona, en forma segura, confiable y permanente.

1.2 Problemática a resolver.

El propósito del presente capítulo es presentar el desarrollo de los trabajos y su problemática específica durante el montaje e instalación de los suministros que corresponden a la implementación del sistema de telecomunicaciones y control, para la automatización de las subestaciones La Viña, Nueva Motupe, Pampa Pañala y el centro de control de Electronorte S.A. (utilizadas en los sistemas de generación, transmisión y distribución), desarrollada en el departamento de Lambayeque, con el fin de que subestaciones de transmisión y distribución de tensiones nominales de 60 kV, puedan realizar operaciones totalmente telecomandadas (desde el centro de control de Electronorte S.A. ubicado en ciudad de Chiclayo). El montaje e instalación de la fibra óptica OPGW, así como el montaje de las estructuras eléctricas de la línea de transmisión que permite sujetar a la fibra óptica sobre su estructura desde la SE La Viña hacia la SE Nueva Motupe y desde la SE Nueva Motupe hacia la SE Pampa Pañala, ha sido afectada al no contar con los permisos para trabajar en los predios de algunos propietarios por donde ha de pasar la línea de transmisión.

El motivo de este problema parte de la Ingeniería Definitiva del Proyecto (resultado del análisis de un proyecto particular para ser construida), realizado por el especialista (profesional de la especialidad de ingeniería eléctrica) encargado de definir el trazo de la ruta por donde ha de pasar la línea de transmisión eléctrica y realizar los respectivos cálculos de ingeniería. Al plantear el trazo de ruta de la línea de transmisión sobre la zona rural de la provincia de Lambayeque, lugar donde se encuentran estas tres subestaciones ya mencionadas, pasa por propiedades pertenecientes a agricultores, los cuales se oponen al montaje de las torres eléctricas por los daños que puedan causar a sus siembras y por ende, afectar sus ingresos económicos, ocasionando atrasos durante la ejecución de la obra. La figura 1.1 muestra la oposición de los propietarios.



Fig. 1.1: Oposición al montaje de las torres eléctricas [Propio].

Por otro lado, el siguiente medio de comunicación utilizado en el proyecto son los transmisores inalámbricos, cuyo montaje no requiere ocupar espacios de propiedad de terceros, porque se realiza en los espacios propios de las subestaciones. La etapa crítica para su montaje e instalación radica en la existencia de obstrucciones de la línea visual, como cerros y árboles en el camino de enlace. Por tal razón, en la Ingeniería Definitiva del proyecto se requiere la implementación de un repetidor, cuya función es superar los obstáculos mencionados y así conseguir el horizonte visible para los enlaces adecuados.

De acuerdo a la Ingeniería Definitiva, el equipo repetidor ha sido ubicado en un lugar ideal para las transmisiones inalámbricas; sus enlaces hacia las subestaciones logra una trayectoria libre de interferencias; el problema es el lugar inaccesible para su montaje y futuro mantenimiento. Este equipo repetidor se encuentra alejado de la ciudad de Motupe, así como de los centros poblados más cercanos, tal como se puede apreciar en la figura 1.2, siendo complicado suministrar de energía eléctrica para su funcionamiento; sin embargo, lo más dificultoso es su operación, ya que solo se da cuando deja de funcionar las comunicaciones por fibra óptica. Para superar tal dificultad, se ha planteado el uso de paneles solares que sustituye la energía eléctrica convencional (aquella energía generada a partir de fuentes no renovables), acompañado de un banco de baterías como respaldo; pero cabe indicar que no solo es la construcción de estructuras para el montaje e implementación del sistema de energía solar, además siempre a que considerar un costo adicional debido a su constante mantenimiento, ocasionando gastos necesarios pero no productivos para la empresa Electronorte S.A.

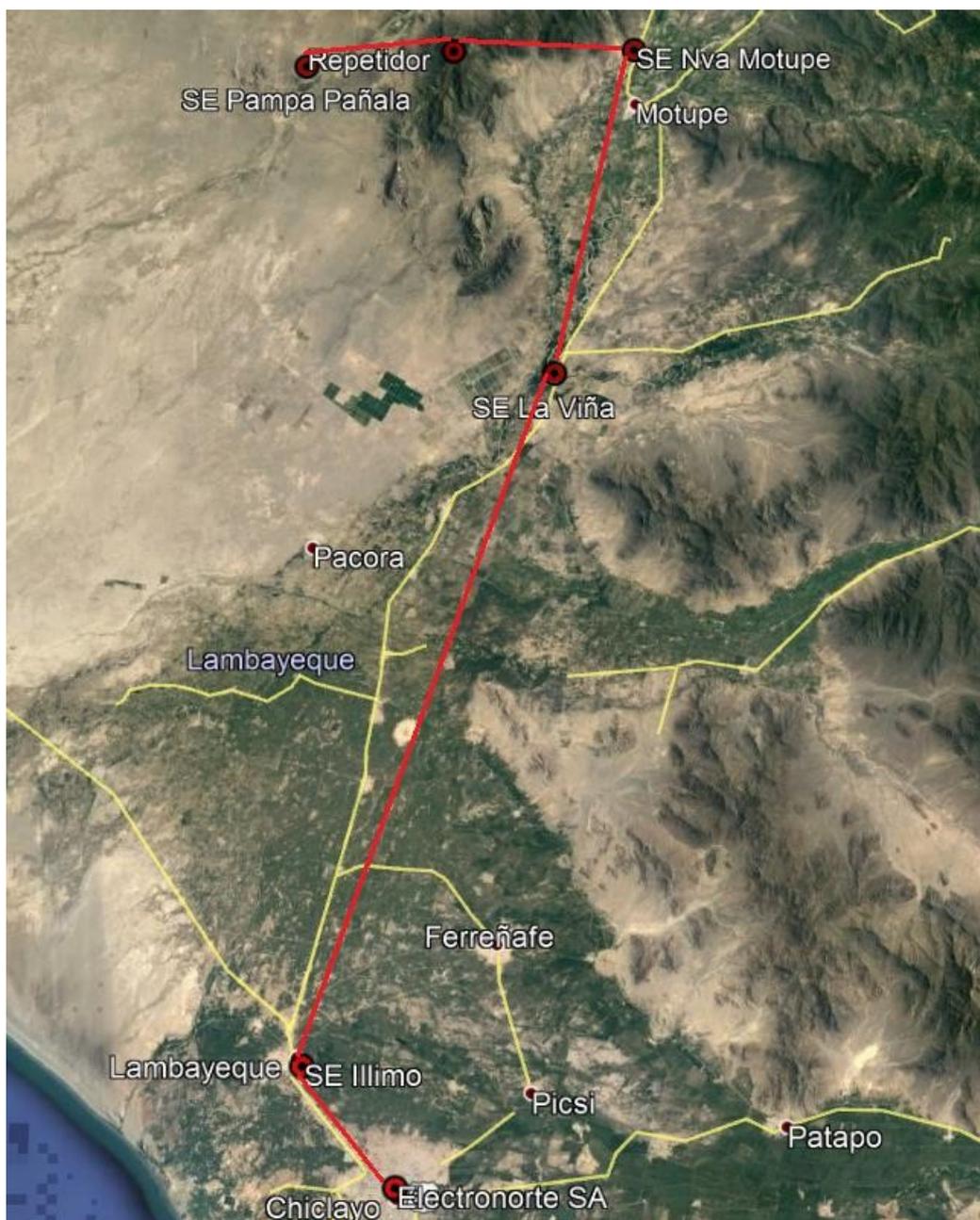


Fig. 1.2: Ubicación inaccesible para el Repetidor [Propio].

1.3 Afectados por el problema

Debido a las dificultades de realizar el montaje de las torres eléctricas para la línea de transmisión, sucediendo lo mismo con el sistema de telecomunicaciones del proyecto, siendo los afectados directos la empresa Electrónorte S.A., la contratista y en especial los mismos pobladores de la zona de Lambayeque, quienes seguirán sin contar con los servicios de primera necesidad, como es la energía eléctrica.

Es relevante indicar la gran importancia de este servicio, ya que permite brindar un mejor nivel de vida a la población de Lambayeque, estableciendo un desarrollo económico y social, medios de comunicación, mejora del alfabetismo, alumbrado público, postas médicas y el acceso al agua potable.

1.4 Lo que ha de implementarse

Para innovar las telecomunicaciones y las redes de transmisión de energía eléctrica entre las subestaciones La Viña - Nueva Motupe y Nueva Motupe - Pampa Pañala en el norte del país, Electronorte S.A. ha invertido s/. 38 704 719.38. El presente proyecto permite descongestionar y mejorar sustancialmente la calidad del servicio eléctrico en esta región del norte del país, desarrollando más alimentadores mediante los cuales es posible atender las necesidades agroindustriales de la zona y en particular, a los usuarios domésticos rurales pobres y a las pequeñas empresas.

Dada la existencia de esta problemática y a fin de contribuir con soluciones reales a problemas reales, la contratista ha desarrollado una ingeniería apropiada para dar solución al montaje e instalación de la fibra óptica OPGW, así como los enlaces de las redes inalámbricas del proyecto.

En coordinación con los propietarios afectados por la ocupación de un pequeño espacio de sus propiedades, donde han sido realizados los montajes de las torres eléctricas de transmisión, y por ende también ha permitido el montaje del cable de fibra óptica OPGW para las comunicaciones entre las subestaciones mencionadas, cediendo parte de sus propiedades previa retribución económica, y de los propietarios que se opusieron tajantemente a no ceder parte de su propiedad para este fin, se tuvo que realizar un cambio en la Ingeniería Definitiva del proyecto realizada por la empresa Electronorte S.A.; este cambio consiste en reubicar la posición de las torres en zonas aledañas para así no afectar en gran proporción el trazo de ruta de la línea de transmisión eléctrica.

En cuanto a los enlaces inalámbricos, se ha planteado dar como solución el retiro del equipo repetidor de la Ingeniería Definitiva y establecer una nueva disposición de los enlaces inalámbricos, como se muestra en la figura 1.3, la cual evita el montaje e implementación del equipo repetidor, así como también el sistema de energía solar para su alimentación, cumpliendo con el objetivo de permitir el control y las comunicaciones entre las subestaciones y el centro de control de Electronorte S.A., facilitando de esta manera, las operaciones remotas del personal técnico.

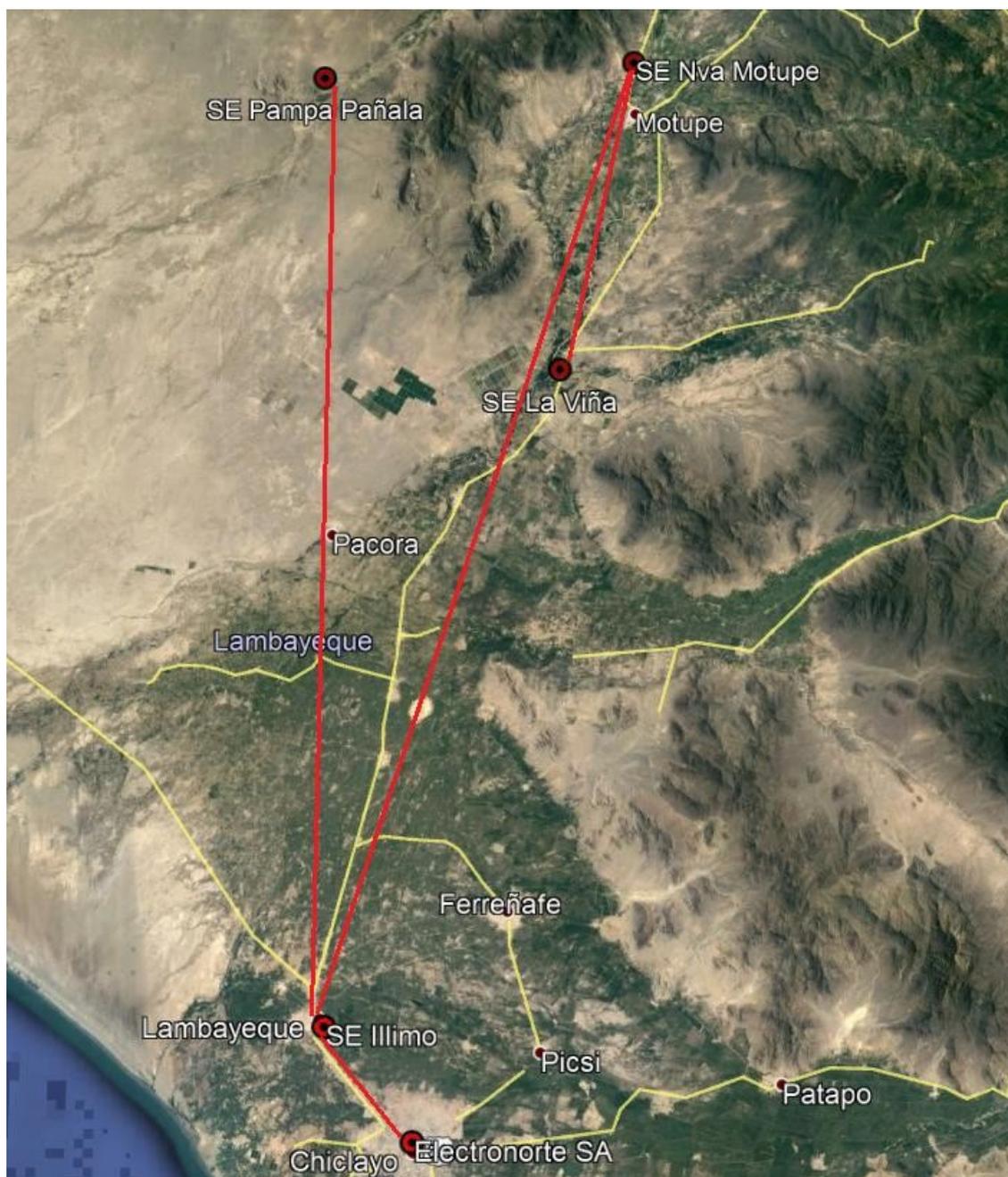


Fig. 1.3: Nueva distribución de los enlaces inalámbricos [Propio].

1.5 Localización del proyecto

Esta zona del proyecto se encuentra aproximadamente entre las coordenadas WGS84 UTM 17 S 588 470 a 644 124 Este y 9 301 401 a 9 340050 Norte, de acuerdo a lo indicado en la figura 1.4.

El área del proyecto del sector La Viña, Motupe y Pampa Pañala se encuentra ubicada a 79 km al norte de la ciudad de Chiclayo, cuyas localidades están asentadas en el valle de Motupe y Olmos. Abarca la provincia de Lambayeque, conformada por tres distritos: Motupe, Olmos y Jayanca.

La figura 1.5 muestra las ubicaciones de las subestaciones y la sede principal de la empresa Electronorte S.A. que han sido consideradas en el proyecto.

SE Pampa Pañala: Ubicada en el caserío de Pampa Pañala del distrito de Olmos.

SE Nueva Motupe: Ubicada en el distrito de Motupe de la provincia de Lambayeque.

SE La Viña: Ubicada en el caserío de La Viña del distrito de Jayanca.

SE Íllimo: Ubicada en la ciudad de Lambayeque.

Sede Principal de la Empresa Electronorte S.A.: Ubicada en la ciudad de Chiclayo

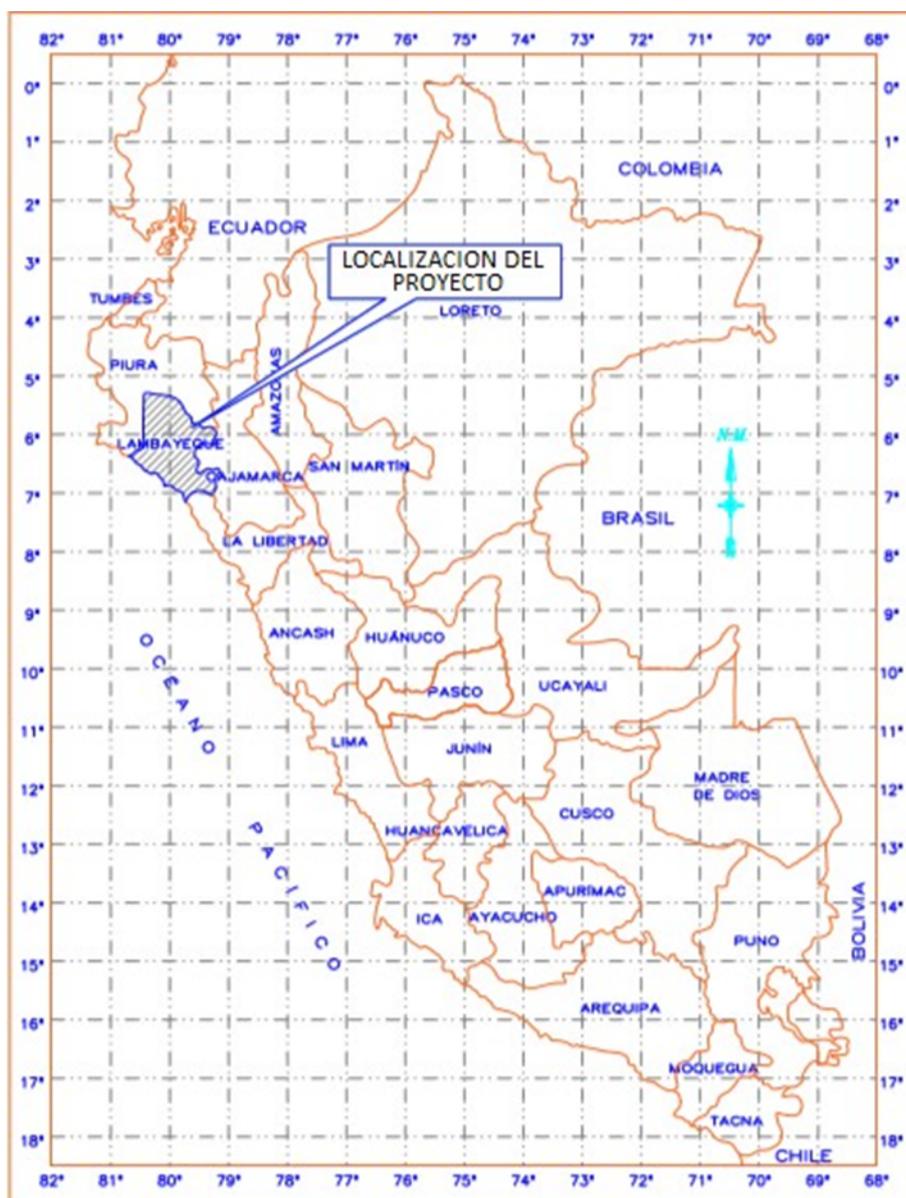


Fig. 1.4: Ubicación departamental del proyecto [Propio].

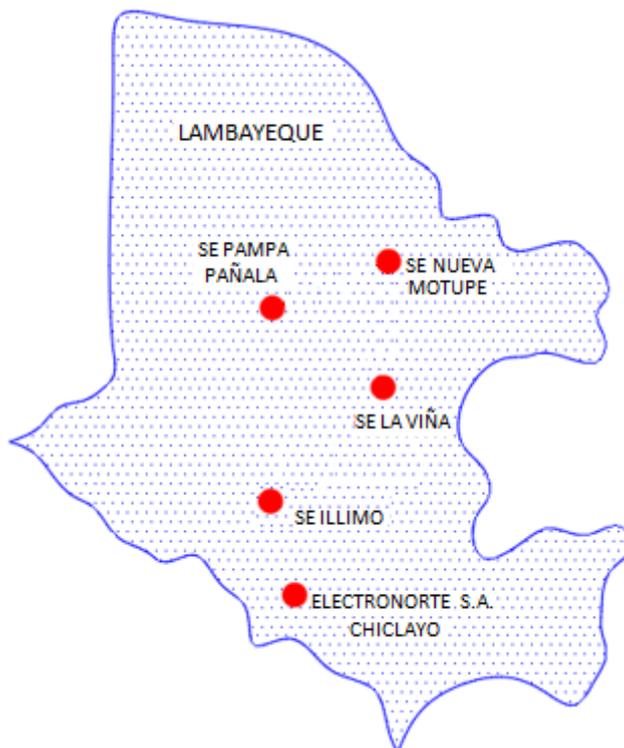


Fig. 1.5: Ubicaciones de las subestaciones y de la sede principal de Electronorte S.A. [Propio].

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En este capítulo se desarrollan los fundamentos teóricos correspondientes a la fibra óptica, al sistema de respaldo por microondas, a las redes Networking que permiten la interconexión entre los dispositivos electrónicos inteligentes y lo que hace que todo este sistema de control y comunicaciones funcione, los protocolos de comunicación.

La utilización del sistema de fibra óptica OPGW (*Optical Ground Wire*, cable de tierra óptico) empleado en las líneas de transmisión de energía eléctrica presenta doble función, para la transmisión de señales de comunicación, control, teleprotección y para la conexión a tierra, este cable óptico contiene en el interior una estructura tubular con 24 hilos de fibra óptica monomodo, y en el exterior hilos de acero y aluminio, siendo la función del elemento conductor aterrizar las partes adyacentes de la torre y proteger a los conductores de alta tensión ante las descargas atmosféricas; la utilización de esta fibra óptica resulta muy conveniente debido a la alta velocidad del medio óptico y a la alta inmunidad a interferencias electromagnéticas. En este sistema se ha considerado la transmisión de información a niveles T1/E1 con velocidades de 1.544 Mbps y 2.048 Mbps respectivamente, lo que implica la suficiente capacidad para transmitir voz y datos a los equipos de protección y comunicación, sin la necesidad de emplear equipos adicionales que mejoren el ancho de banda.

La red de microondas presentada en la Ingeniería Definitiva del proyecto ha sido diseñada como un sistema de respaldo para los enlaces de fibra óptica OPGW, disposición implementada en la ciudad de Lambayeque. Estos equipos de radio enlace tienen la capacidad de transmisión para la banda licenciada a una velocidad de 100 Mbps (frecuencia del equipo: 7 Ghz) y a una banda no licenciada de 50 Mbps (frecuencia del equipo: 5.8 Ghz), teniendo también la posibilidad del empleo de cierta cantidad de canales de radio [13], (Bratcom Ingenieros S.A.C.).

Siendo el aire el medio de transmisión para los enlaces inalámbricos, se ha utilizado el software de simulación Radio Mobile para el cálculo de radio enlace punto a punto, teniendo presente una clara línea de vista entre dos antenas y tomando en cuenta el efecto de la difracción en los obstáculos, para que la señal llegue al receptor. En este proyecto no habría sido posible evitar los obstáculos de línea de vista debido a la topología del terreno, lo que implica la instalación de un equipo repetidor. Ante este hecho, se ha elaborado un nuevo diseño con respecto al sistema de red de microondas que anula al equipo repetidor, mejorando la confiabilidad del sistema inalámbrico, tal como muestra en los enlaces inalámbricos de la figura 1.3.

2.1 Fibra Óptica.

Hilo de material dieléctrico fabricadas de plástico o de vidrio que sirve para la transmisión de información mediante impulsos luminosos, donde permite la transmisión en distancias y en un ancho de banda más grande que los cables eléctricos. La fibra óptica se emplea como medio de transmisión en redes de telecomunicaciones debido a su baja atenuación y flexibilidad a los conductores ópticos que pueden agruparse formando cables [5], (Wikipedia).

Características.

Cada filamento consta de un núcleo central de plástico o cristal (óxido de silicio y germanio) con un alto índice de refracción, rodeado de una capa de un material similar con un índice de refracción ligeramente menor (plástico). Cuando la luz llega a una superficie que limita con un índice de refracción menor, se refleja en gran parte, cuanto mayor sea la diferencia de índices y mayor el ángulo de incidencia, se habla entonces de reflexión interna total.

En el interior de una fibra óptica, la luz se va reflejando contra las paredes en ángulos muy abiertos, de tal forma que prácticamente avanza por su centro, como se muestra en la figura 2.1. De este modo, se pueden guiar las señales luminosas sin pérdidas por largas distancias.

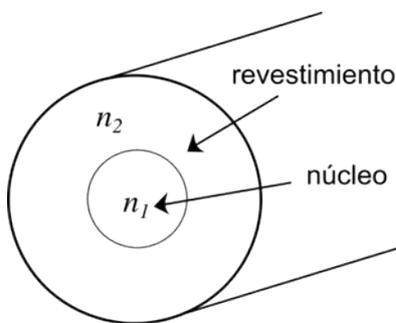


Fig. 2.1: Núcleo y revestimiento de la fibra óptica. Fuente [5].

Funcionamiento.

Se justifica aplicando las leyes de la óptica geométrica, principalmente la ley de la refracción (principio de reflexión interna total) y la ley de Snell.

Su funcionamiento se basa en transmitir por el núcleo de la fibra un haz de luz, tal que este no atraviese el revestimiento, sino que se refleje y se siga propagando. Esto se consigue si el índice de refracción del núcleo es mayor al índice de refracción del revestimiento, y también si el ángulo de incidencia es superior al ángulo límite, se muestra la representación de dos rayos de luz en propagación en la figura 2.2.

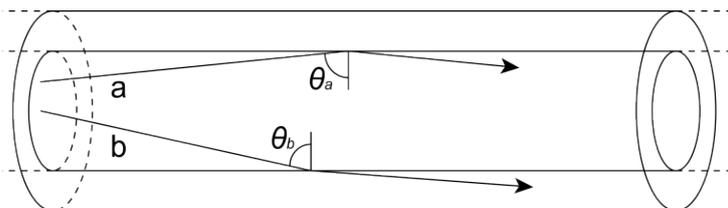


Fig. 2.2: Representación de dos rayos de luz propagándose dentro de una fibra óptica. En esta imagen se percibe el fenómeno de reflexión total en el haz de luz "a". Fuente [5].

El núcleo óptico: Tipos de fibras.

Las diferentes trayectorias que puede seguir un haz de luz en el interior de una fibra se denominan modos de propagación, y según el modo de propagación tiene dos tipos de fibra óptica:

Fibra óptica Monomodo: Para necesidades de larga distancia o gran ancho de banda. Queda plenamente definida por las siglas SM seguida de la norma correspondiente como, por ejemplo, la que se muestra en la tabla 2.1:

Tabla 2.1: Diferentes tipos de fibra SM. Fuente [6].

Tipo de fibra	Aplicación tipo
SM G652 B; SM G652 D	Redes de datos (OS1), seguridad, telecomunicaciones
SM G655	Telecomunicaciones de muy larga distancia
SM G657 A& B	Telecomunicaciones, (FTTx), CPDs

Los cables suministrados en formatos estándar por los diferentes fabricantes suelen estar contruidos con fibras del tipo incluido en la primera fila de la tabla 2.1, por lo que cualquier otro tipo debe ser indicado expresamente [6].

Por otro lado, la OS, aplica a fibra óptica monomodo SM.

Por ejemplo, la OS1: sería una fibra monomodo SM 9/125, con una ventana de operación de 1310nm y una atenuación de 0.5 dB/Km.

Fibra óptica Multimodo: Utilizada habitualmente en redes locales (LAN), de vigilancia o seguridad. Su definición consta de tres partes:

- MM (Siglas correspondientes a la denominación MultiMode)
- Relación núcleo/revestimiento (Normalmente 50/125 ó 62.5/125)
- Tipo de fibra: OM1, OM2 u OM3 según se muestra en la tabla 2.2:

Tabla 2.2: Tipo de fibra en función de la longitud del canal Ethernet. Fuente [6].

Canal de fibra	100 Base T	1000 Base SX	1000 Base LX	10G Base SR/SW
OF 300	OM1	OM2	OM1/OM2	OM1/OM2
OF 500	OM1	OM2	OM1/OM2	OM1/OM2
OF 2000	OM1	SM	SM	SM

Las redes de seguridad (control industrial y vídeo banda base) utilizan fibras MM (tipos OM1 u OM2 indistintamente), de 62.5/125 o 50/125 en función de los requerimientos de distancia.

El significado de OM, aplica a la fibra óptica multimodo, después la numeración se refiere al tipo de núcleo, distancia máxima del segmento, ventana de operación y ancho de banda.

Por ejemplo, la OM2 sería una fibra multimodo MM 50/125, distancia máxima: 550 m, ventana de operación: 850 nm, atenuación: 3.5 dB/km, ancho de banda: 500 Mhz-Km.

En cuanto a la descripción genérica, los cables ópticos están formados por dos componentes básicos, cada uno de los cuales debe ser seleccionado adecuadamente en función de la especificación recibida o del trabajo a desarrollar:

- El núcleo óptico: Formado por el conjunto de las fibras ópticas, conforma el sistema guía-ondas responsables de la transmisión de los datos. Sus características vienen definidas por la naturaleza de la red a instalar.
- Los elementos de protección: Su misión consiste en proteger al núcleo óptico frente al entorno en el que estará situado el cable, y consta de varios elementos (Cubiertas, armadura, etc.) superpuestos en capas concéntricas a partir del núcleo óptico. En función de su composición, el cable óptico es de uso interior, de uso exterior, para instalación en ducto, aéreo, etc.

Se menciona algunos de los diferentes fenómenos que afectan a las transmisiones sobre fibra óptica tales como la dispersión cromática, PMD (Polarization Mode Dispersion), efectos no lineales y pérdidas de enlace óptico [1].

A continuación, se comenta brevemente como afectan su transmisión:

Dispersión cromática: Es la diseminación de un impulso luminoso en una fibra óptica por las diferentes velocidades de grupo de las diferentes longitudes de onda que componen el espectro de la fuente.

Coeficiente de dispersión cromática: Es la variación del retardo de grupo, de un impulso luminoso en una unidad de longitud de fibra causada por una unidad de variación de longitud de onda. Por tanto, el símbolo del coeficiente de dispersión cromática es $D(\lambda)$, generalmente se expresa en ps/nm×km.

$$D(\lambda) = d\tau / d\lambda \dots (2.1)$$

Retardo de grupo: Es el tiempo que un impulso luminoso necesita para recorrer una unidad de longitud de la fibra (kilometro). El símbolo de este retardo de grupo se define en función de la longitud de onda (λ), generalmente se expresa en ps/Km.

$$\sigma(\lambda) = D(\lambda) \times \Delta\lambda \dots (2.2)$$

Pendiente de dispersión cromática: Pendiente del coeficiente de dispersión cromática en función de la curva de longitud de onda a la longitud de onda; la definición de la pendiente de dispersión es $S(\lambda)$.

$$S(\lambda) = dD(\lambda) / d\lambda \dots (2.3)$$

Longitud de onda de dispersión nula: Longitud de onda a la que desaparece la dispersión cromática.

Pendiente de dispersión cero: Pendiente de dispersión cromática cuyo valor de longitud de onda es de cero dispersiones.

PMD: Una vez que se ha compensado la dispersión cromática, principal causa de la degradación de las transmisiones sobre fibra, la PMD puede convertirse entonces en un problema, especialmente para sistemas de 10 y 40 Gbit/s sobre fibras antiguas o de baja calidad. A diferencia de la dispersión cromática, la PMD resulta muy difícil de compensar, pues cada uno de los canales de un sistema DWDM puede experimentar un nivel de retardo de grupo diferencial distinto, a la vez que este varía con el tiempo (para este proyecto no se utiliza el DWDM).

Efectos no lineales: Adicionalmente, conforme aumenta el número de canales y se reduce su separación espectral, el impacto de los efectos no lineales resulta más acusado. Esto además se ve favorecido por el empleo de láseres de alta potencia, amplificadores ópticos y fibras de área efectiva reducida o dispersión nula, como es el caso de la fibra G.653.

Pérdidas: Además de la atenuación intrínseca de las fibras, existen otra serie de causas que pueden contribuir al aumento de las pérdidas de un enlace óptico como la suciedad en los conectores ópticos y los dobleces de los cables de fibra ópticas.

Cálculo de la atenuación total.

Disminución de potencia de la señal óptica en proporción inversa a la longitud de fibra.

La unidad utilizada para medir la atenuación en una fibra óptica es el decibel (dB), la atenuación de la fibra se expresa en dB/Km, este valor significa la pérdida de luz en un Km, su cálculo se expresa en la siguiente ecuación (2.4), tomada de la referencia [7].

$$A = \sum_{n=1}^m \alpha_n \cdot L_n + a_s \cdot x + a_c \cdot y \dots (2.4)$$

Dónde:

α_n (dB/Km): Coeficiente de atenuación de la n-ésima fibra en la sección elemental de cable.

L_n (Km): Longitud de la n-ésima fibra.

m: Número total de fibras concatenadas en la sección elemental del cable.

a_s (dB): Pérdida media por empalme.

x: Número de empalmes en la sección elemental de cable.

a_c (dB): Pérdida media de los conectores de línea.

y: Número de conectores de línea en la sección elemental de cable.

Un enlace óptico es viable siempre que el balance de potencias resulte positivo y para ello debe quedar claro cómo debe considerarse cada parámetro. En ese sentido se va a considerar la siguiente relación:

Margen Total = Margen del Sistema – Perdidas del Sistema

De este modo se puede obtener el valor del margen total del enlace, este enlace puede resultar de tres modos:

Mayor a "0": El enlace es viable y presenta un margen de seguridad.

Igual a "0": El enlace funciona teóricamente, pero cualquier pequeña desviación en los cálculos o una pequeña desviación entre los valores teóricos y reales provocaría la caída del enlace.

Menor a "0": El enlace no funciona porque las pérdidas superan el máximo permitido.

En este último caso se tiene que ver la posible solución a la falta de potencia.

El caso idóneo es la primera opción, donde el margen del sistema supera las pérdidas a lo largo del enlace; todo diseño de comunicaciones por fibra óptica se debe conseguir de esta forma.

2.2 Microondas.

Se denominan como microondas a las ondas electromagnéticas con frecuencias (f) comprendidas entre $f=300$ MHz. y $f=300$ GHz. cuyos períodos de oscilación ($T=1/f$) están entre 3.3×10^{-9} y 3.3×10^{-12} segundos, con longitudes de onda en el rango de 1 metro en 300 Mhz a 1 milímetro en 300 GHz. Otras definiciones, por ejemplo, las de los estándares IEC 60050 y IEEE 100 sitúan su rango de frecuencias entre 1 GHz y 30 GHz, es decir, longitudes de onda de entre 30 centímetros a 10 milímetros.

El rango de las microondas está incluido en las bandas de radiofrecuencia. De 0.3 a 3 GHz en la UHF (ultra high frequency o frecuencia ultra alta), de 3 a 30 GHz en la SHF (super high frequency o frecuencia super alta) y de 30 a 300 GHz en la EHF (extremely high frequency o frecuencia extremadamente alta), esto se muestra en la tabla 2.3. A las microondas de mayor frecuencia y menor longitud de onda se las denomina ondas milimétricas, de acuerdo a la referencia [8].

Tabla 2.3 Clasificación de bandas de frecuencia. Fuente [9].

Banda	Denominación	Frec. Mínima	Frec. Máxima	λ Máxima	λ Mínima
ELF	Extremely Low	-	3 kHz	-	100 km
VLF	Very Low	3 Hz	30 Hz	100 km	10 km
LF	Low	30 Hz	300 kHz	10 km	1 km
MF	Medium	300 kHz	3 MHz	1 km	100 m
HF	High	3 MHz	30 MHz	100 m	10 m
VHF	Very High	30 MHz	300 MHz	10 m	1 m
UHF	Ultra High	300 MHz	3 GHz	1 m	10 cm
SHF	Super High	3 GHz	30 GHz	10 cm	1 cm
EHF	Extremely High	30 GHz	300 GHz	1 cm	1 mm

Radioenlace.

Un radioenlace terrestre o microondas terrestre provee conectividad entre dos sitios (estaciones terrenas) en línea de mira (*Line-of-Sight, LOS*) usando equipo de radio con frecuencias de portadora por encima de 1 GHz. La forma de onda emitida puede ser analógica (convencionalmente en frecuencia modulada) o digital.

Las microondas son ondas electromagnéticas cuyas frecuencias se encuentran dentro del espectro de las super altas frecuencias, SHF, tomada de la tabla 2.3.

Rango de frecuencias.

Las principales frecuencias utilizadas en microondas se encuentran alrededor de los 12 GHz, 18 y 23 GHz, las cuales son capaces de conectar dos localidades entre 1 y 25 kilómetros de distancia una de la otra. El equipo de microondas que opera entre 2 y 6 GHz puede transmitir a distancias entre 30 y 50 kilómetros.

Estructura general de un radioenlace por microondas.

Un radioenlace está constituido por equipos terminales y repetidores intermedios. La función de los repetidores es salvar la falta de visibilidad impuesta por la curvatura terrestre y conseguir así enlaces superiores al horizonte óptico. La distancia entre repetidores se llama salto.

Los repetidores pueden ser:

- Activos
- Pasivos

Antenas para enlaces de radio por microondas. La antena utilizada generalmente en los enlaces de radio por microondas es del tipo parabólico, el tamaño típico es de un diámetro de unos 3 metros. La antena es fijada rígidamente y transmite un haz estrecho que debe estar perfectamente enfocado hacia la antena receptora.

Estas antenas de microondas se deben ubicar a una altura considerable sobre el nivel del suelo, con el fin de conseguir mayores separaciones posibles entre ellas y poder superar posibles obstáculos. Sin obstáculos intermedios la distancia máxima entre antenas es de aproximadamente 150 km, con antenas repetidoras, claro está que esta distancia se puede extender si se aprovecha la característica de curvatura de la tierra, por medio de la cual las microondas se desvían o refractan en la atmósfera terrestre.

Por ejemplo, dos antenas de microondas situadas a una altura de 100 m pueden separarse una distancia total de 82 km, esto se da bajo ciertas condiciones, como terreno y topografía. Es por ello que esta distancia puede variar de acuerdo a las condiciones que se manejen.

La distancia cubierta por enlaces microondas puede ser incrementada por el uso de repetidoras, las cuales amplifican y redireccionan la señal; es importante destacar que los obstáculos de la señal pueden ser salvados a través de reflectores pasivos.

La señal de microondas transmitidas es distorsionada y atenuada mientras viaja desde el transmisor hasta el receptor, estas atenuaciones y distorsiones son causadas por una pérdida de potencia dependiente a la distancia, reflexión y refracción debido a obstáculos y superficies reflectoras, y a pérdidas atmosféricas.

El clima y el terreno son los mayores factores a considerar antes de instalar un sistema de microondas.

En resumen, en un radioenlace se dan pérdidas por:

- Espacio libre
- Difracción
- Reflexión
- Refracción
- Absorción
- Desvanecimientos
- Desajustes de ángulos
- Lluvias
- Gases y vapores
- Difracción por zonas de Fresnel (atenuación por obstáculo)
- Desvanecimiento por múltiple trayectoria (formación de ductos)

Cálculo de radioenlace terrestre.

El radioenlace terrestre se diseña de forma que en cada uno de sus vanos (enlace radioeléctrico entre dos estaciones) se den condiciones de visibilidad directa, habida cuenta de la curvatura de la Tierra [12], (Edison Coimbra G.).

Existen 4 efectos y conceptos relevantes en la propagación de señales.

a.-Pérdida en el espacio libre.

La onda de radio pierde potencia incluso en una línea recta, porque se esparce sobre una mayor región en el espacio a medida que se aleja del transmisor.

b.-Zona de Fresnel.

Volumen de espacio entre el emisor de una onda electromagnética, acústica, etc. y un receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los 180° .

c.-Línea de Vista.

Se refiere a la visibilidad directa, sin obstrucciones, entre las antenas transmisoras y receptoras.

d.-Multitrayecto.

Fenómeno que consiste en la propagación de una onda de radio por varios caminos diferentes para llegar a un receptor.

Para determinar la potencia recibida en un radioenlace, se consideran las antenas transmisora y receptora, y el espacio que las separa, obteniéndose la ecuación de transmisión de Friis en el espacio libre, se indica en la ecuación (2.5), referencia [10].

$$P_R = G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 P_T \dots \dots \dots (2.5)$$

Donde:

P_R : Potencia recibida.

P_T : Potencia transmitida.

G_T : Ganancia de la antena transmisora.

G_R : Ganancia de la antena receptora.

λ : Longitud de onda.

r : Distancia radial entre antenas.

Pérdida en el espacio libre (L_{fs}).

La onda de radio pierde potencia incluso en línea recta, porque se esparce sobre una mayor región en el espacio a medida que se aleja del transmisor, los elementos de radioenlace se muestran en la figura 2.3.

La pérdida en el espacio libre sin obstáculos mide esta dispersión de la potencia.

Es común expresar la ecuación de Friis en términos de pérdida en el espacio libre o pérdida de trayectoria, y expresarla en dB con el signo cambiado, como se muestra en la ecuación (2.6).

$$L_{fs} (dB) = 92.4 + 20 \log r (km) + 20 \log f (GHz) - G_T (dBi) - G_R (dBi) \dots \dots (2.6)$$

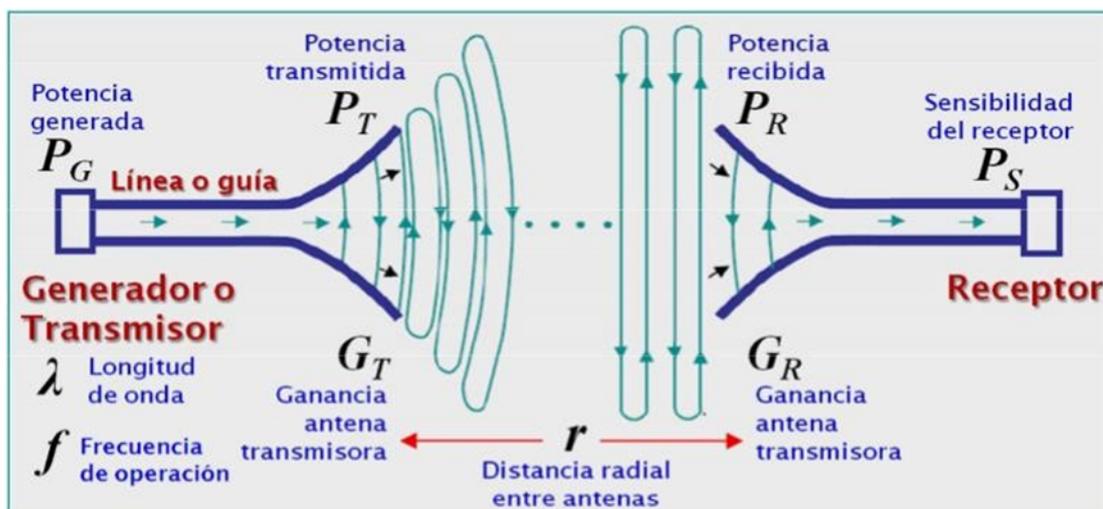


Fig. 2.3: Elementos de Radioenlace. Fuente [12].

De acuerdo al principio de Huygens (Físico y astrónomo holandés), cada punto de un frente de onda puede ser considerado como fuente secundaria de ondas que se expanden en todas direcciones con una velocidad igual a la velocidad de propagación de la onda primaria [12]. Por tanto; los puntos que no están en el eje directo entre A y B también radian potencia hacia B, es decir las ondas viajan en una zona en forma de elipsoide de revolución llamada la Zona de Fresnel que se muestra en la figura 2.4.

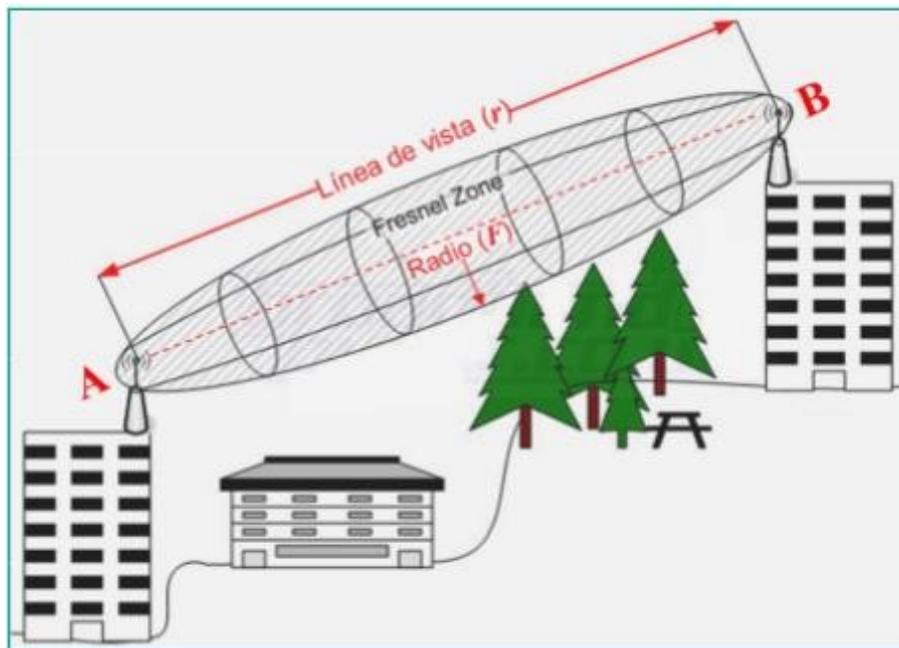


Fig. 2.4: Zona de Fresnel. Fuente [12].

En el trayecto, se deben evitar obstáculos, como montañas, edificios, árboles, etc., pero también se debe evitar la difracción, causada por la obstrucción parcial de cualquier objeto fijo, en la figura 2.5 se muestra la primer y segunda Zona de Fresnel.

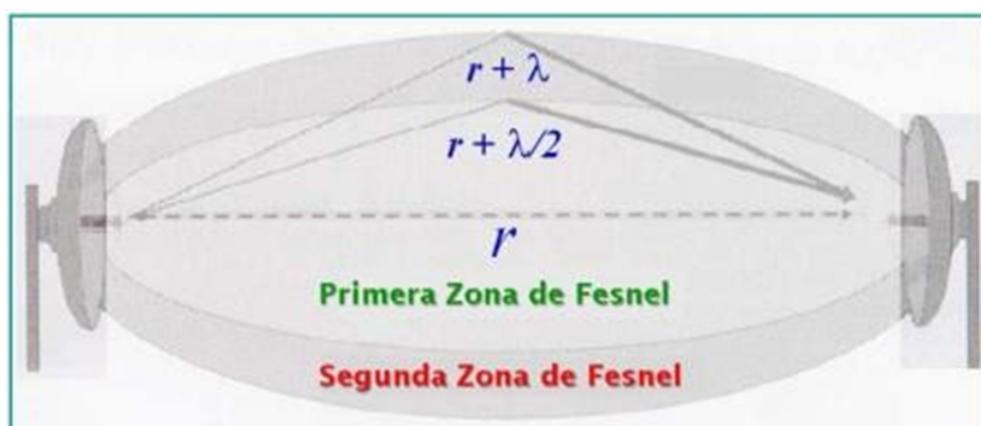


Fig. 2.5: Primera y segunda Zona de Fresnel. Fuente [12].

La teoría de Huygens-Fresnel demuestra que si la fase es 0° en el trayecto directo, la primera zona abarca hasta que la fase llegue a $180^\circ(\lambda/2)$, la segunda zona hasta $360^\circ(\lambda)$, siendo esta última un segundo elipsoide que contiene al primero. Del mismo modo se obtienen las zonas superiores.

Primera zona de Fresnel.

Con radio F_1 cualquier punto del elipsoide de la primera zona de Fresnel se calcula con la fórmula (2.7), así mismo se muestra en la figura 2.6:

$$F_1(m) = 17.32 \sqrt{\frac{r_1(km)r_2(km)}{r(km)f(GHz)}} \dots\dots (2.7)$$

F_1 : radio de la primera zona de Fresnel, en m.

r_1, r_2 : distancia de las antenas al obstáculo, en km.

r : distancia entre antenas, en km.

f : frecuencia de operación del sistema, en GHz.

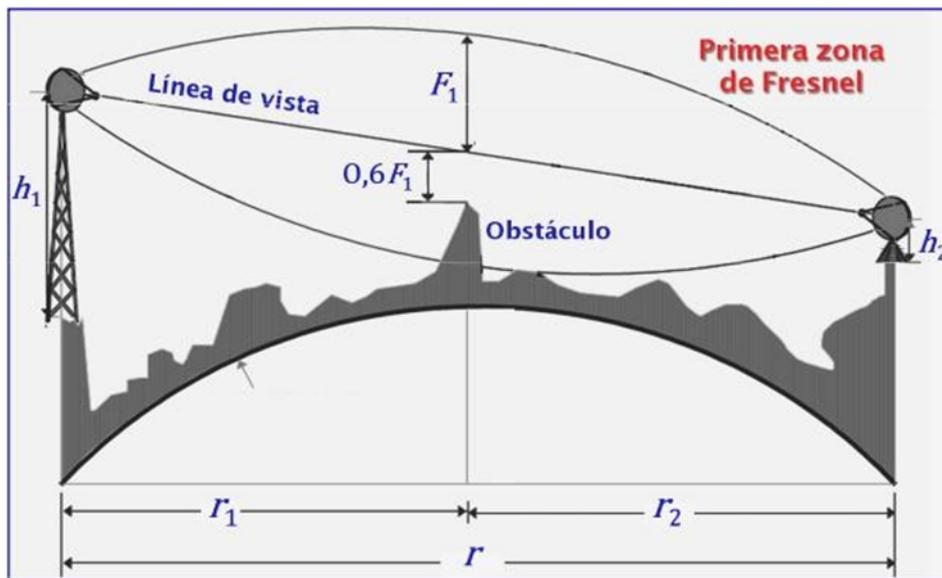


Fig. 2.6: La primera Zona de Fresnel. Fuente [12].

Simulación con Radio Mobile.

Radio Mobile es un software de libre distribución para el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular. Para ello utiliza perfiles geográficos combinados con la información de los equipos (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc.) que quieren simularse.

Radio Mobile utiliza para la evaluación de los enlaces, el perfil geográfico de las zonas de trabajo. La obtención de estos mapas puede realizarse directamente desde una opción del software que permite descargarlos de Internet.

Al igual que el modelo de propagación en el que se basa, permite trabajar con frecuencias entre los 20 MHz y 40 GHz y longitudes de trayecto de entre 1 y 2000 Km.

Radio Link. Herramienta que permite simular radioenlaces.

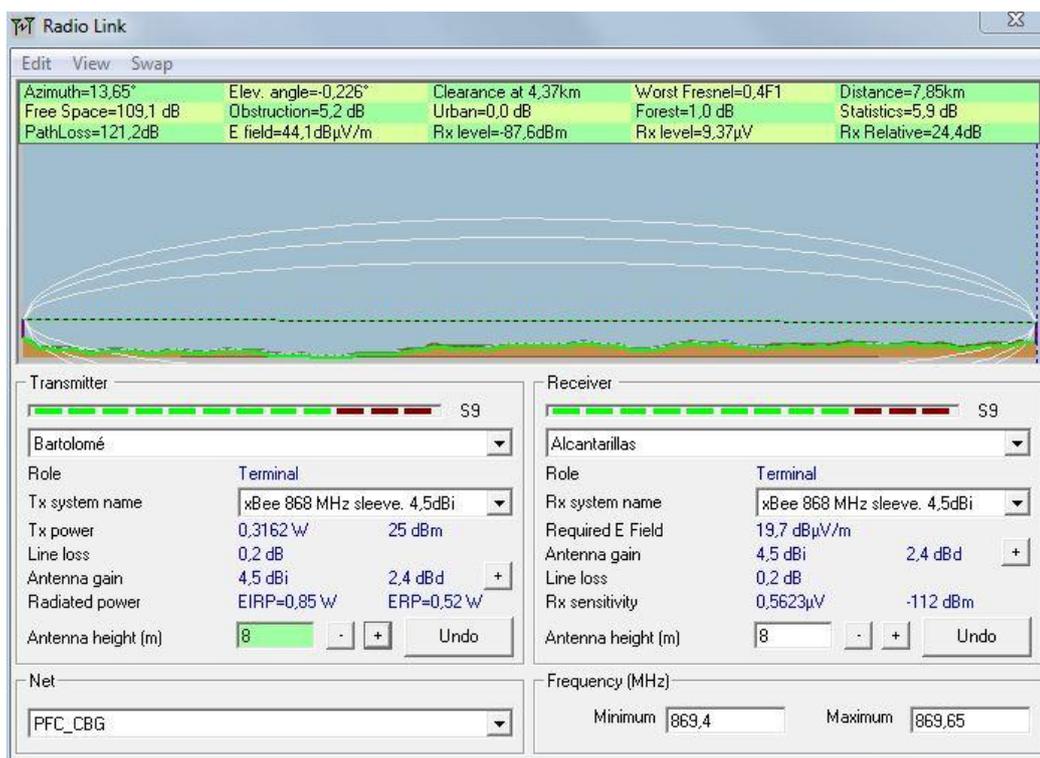


Fig. 2.7: Ventana principal de Radio Link. Fuente [21].

En la ventana principal aparece representado el perfil de elevación entre las dos unidades de radio, con los elipsoides de Fresnel y el balance de potencias desglosado sobre el diagrama.

2.3 Redes de Networking

Poder comunicarse en forma confiable con todos en todas partes es de vital importancia para nuestra vida personal y comercial. Para respaldar el envío inmediato de los millones de mensajes que se intercambian entre las personas de todo el mundo, se confía en una Web de redes interconectadas [14], (Cisco Networking Academy). Estas redes de información o datos varían en tamaño y capacidad, todas las redes presentan cuatro elementos básicos en común:

- Reglas y acuerdos para regular cómo se envían, redireccionan, reciben e interpretan los mensajes.
- Los mensajes o unidades de información que viajan de un dispositivo a otro.
- La forma de interconectar los dispositivos y el medio que puede transportar los mensajes de un dispositivo a otro.
- Los dispositivos de la red que cambian mensajes entre sí.

La tecnología confiable y eficiente permite que las redes estén disponibles cuando y donde se las necesite. A medida que nuestra red humana continúa ampliándose, también crece la plataforma que la conecta y respalda.

Aspectos de la red de información:

- Dispositivos que conforman la red
- Medios que conectan los dispositivos
- Mensajes que se envían a través de la red
- Reglas y procesos que regulan las comunicaciones de red
- Herramientas y comandos para construir y mantener las redes.

Componentes de la red.

Los dispositivos y los medios son elementos físicos o hardware de la red, como se muestra en la figura 2.7. El hardware es generalmente el componente visible de la plataforma de red, como una computadora portátil o personal, un switch, o el cableado que se usa para conectar estos dispositivos. En ocasiones, puede que algunos componentes no sean visibles. En el caso de los medios inalámbricos, los mensajes se transmiten a través del aire utilizando radio frecuencia invisible u ondas infrarrojas.

Los servicios y procesos son los programas de comunicación, denominados software, que se ejecutan en los dispositivos conectados a la red. Un servicio de red proporciona información en respuesta a una solicitud. Los servicios incluyen una gran cantidad de aplicaciones de red comunes que utilizan las personas a diario, como por ejemplo los servicios de e-mail hosting y los servicios de Web hosting. Los procesos proporcionan la funcionalidad que direcciona y traslada mensajes a través de la red. Los procesos son menos obvios para nosotros, pero son críticos para el funcionamiento de las redes.

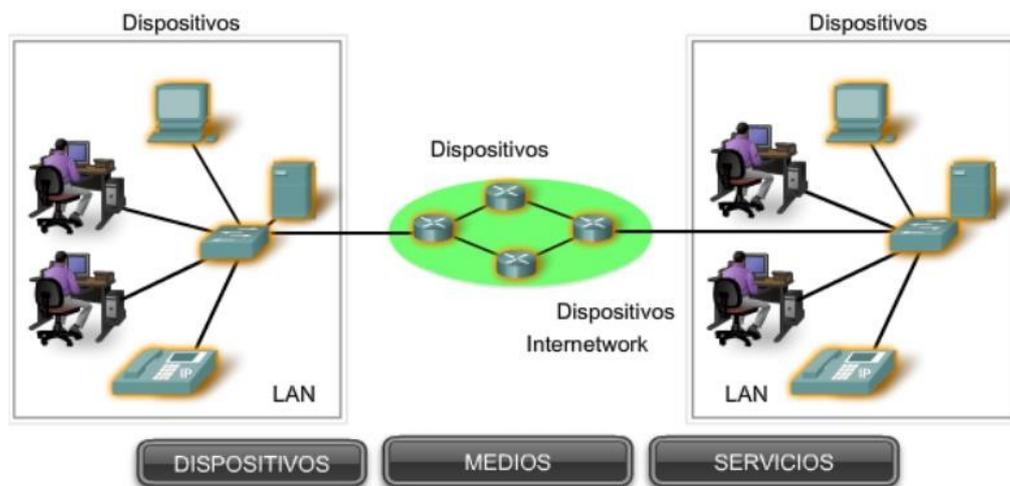


Fig. 2.8: Las redes usan dispositivos, medios y servicios. Fuente [14].

LAN (Red de área local). Red individual que generalmente cubre una única área geográfica y proporciona servicios y aplicaciones a personas dentro de una estructura organizacional común, como una empresa, un campus o una región. Este tipo de red se denomina Red de área local (LAN). Una LAN por lo general está administrada por una organización única. El control administrativo que rige las políticas de seguridad y control de acceso está implementado en el nivel de red.

WAN (Red de área amplia). Cuando una compañía o una organización presentan ubicaciones separadas por grandes distancias geográficas, es posible que deba utilizar un proveedor de servicio de telecomunicaciones (TSP) para interconectar las LAN en las distintas ubicaciones. Los proveedores de servicios de telecomunicaciones operan grandes redes regionales que pueden abarcar largas distancias.

Protocolos de red.

Para las personas, algunas reglas de comunicación son formales y otras simplemente sobreentendidas o implícitas, basadas en los usos y costumbres. Para que los dispositivos se puedan comunicar en forma exitosa, una nueva suite de protocolos debe describir los requerimientos e interacciones precisos.

La suite de protocolos de Networking presenta los siguientes procesos:

- El formato o estructura del mensaje.
- El método por el cual los dispositivos de Networking comparten información sobre rutas con otras redes.
- ¿Cómo y cuándo se pasan los mensajes de error y del sistema entre dispositivos?
- El inicio y terminación de las sesiones de transferencia de datos.

Los protocolos individuales de una suite de protocolos pueden ser específicos de un fabricante o de propiedad única.

Propietario, en este contexto, significa que una compañía o proveedor controla la definición del protocolo y su funcionamiento. Algunos protocolos propietarios pueden ser utilizados por distintas organizaciones con permiso del propietario.

Otros, sólo se pueden implementar en equipos fabricados por el proveedor propietario.

Protocolo OSPF

OSPF (Open Shortest Path First) es un protocolo de routing dinámico de link state (modificaciones de estado) que detecta y aprende las mejores rutas a destinos (accesibles). OSPF puede percibir rápidamente cambios en la topología de un sistema autónomo (SA), y después de un pequeño periodo de convergencia, calcular las nuevas rutas.

Uso de modelos en capas.

Para visualizar la interacción entre varios protocolos, es común utilizar un modelo en capas [14].

Un modelo en capas muestra el funcionamiento de los protocolos que se produce dentro de cada capa, como así también la interacción de las capas sobre y debajo de él.

Modelo TCP/IP. Define cuatro categorías de funciones que deben tener lugar para que las comunicaciones sean exitosas. La arquitectura de la suite de protocolos TCP/IP sigue la estructura de este modelo, como se muestra en la figura 2.8. Por esto, es común que al modelo de Internet se lo conozca como modelo TCP/IP.

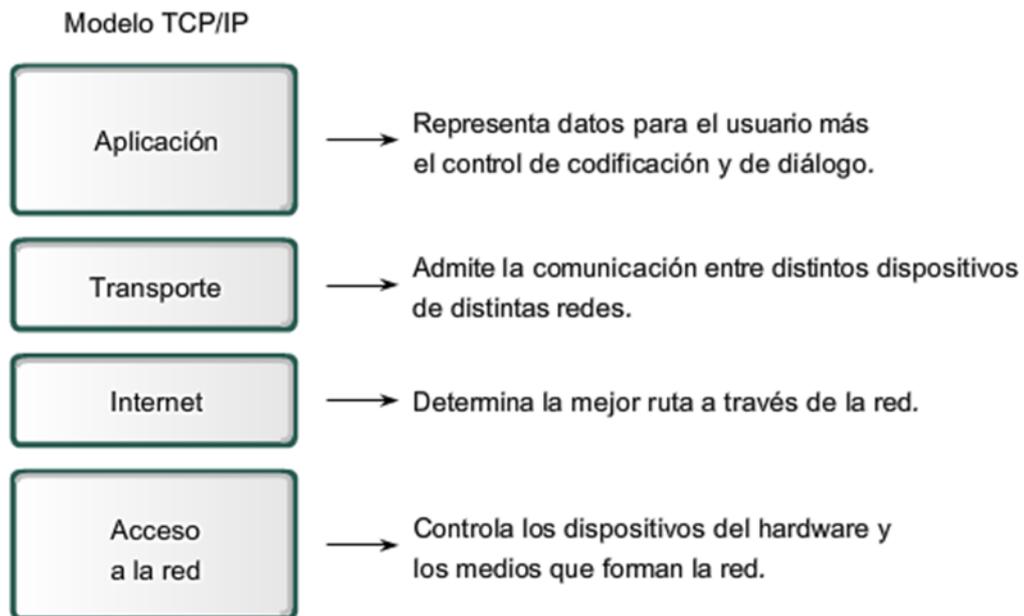


Fig. 2.9: Modelo TCP/IP. Fuente [14].

Modelo OSI. Como modelo de referencia, el modelo OSI proporciona una amplia lista de funciones y servicios que pueden producirse en cada capa, como se muestra en la figura 2.9. También describe la interacción de cada capa con las capas directamente por encima y por debajo de él.



Fig. 2.10: Modelo OSI. Fuente [14].

Direccionamiento en la red.

El modelo OSI describe los procesos de codificación, formateo, segmentación y encapsulación de datos para transmitir por la red. Un flujo de datos que se envía desde un origen hasta un destino se puede dividir en partes y entrelazar con los mensajes que viajan desde otros hosts hacia otros destinos. Miles de millones de estas partes de información viajan por una red en cualquier momento. Es muy importante que cada parte de los datos contenga suficiente información de identificación para llegar al destino correcto, el direccionamiento de red se muestra en la figura 2.10.

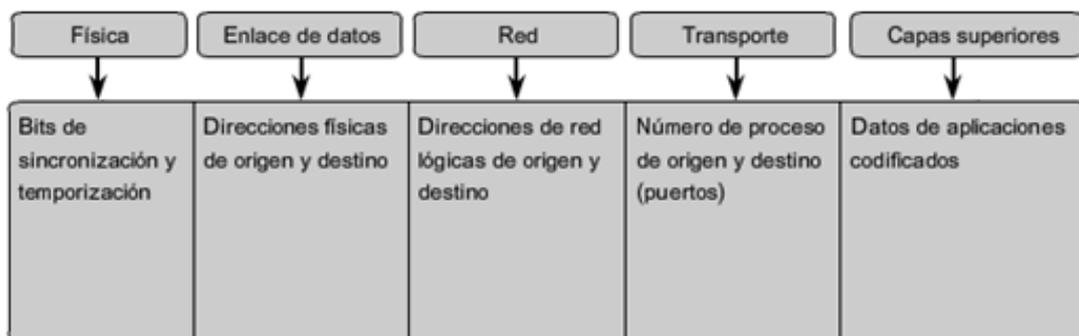
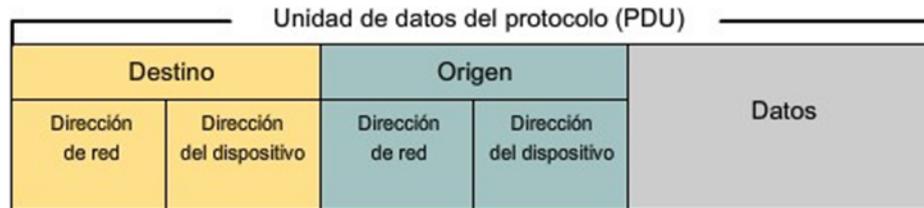


Fig. 2.11: Direccionamiento de red. Fuente [14].

Transporte de datos a través de Internetwork.

Los protocolos de Capa 3 están diseñados principalmente para mover datos desde una red local a otra red local dentro de una Internetwork. Mientras las direcciones de Capa 2 sólo se utilizan para comunicar entre dispositivos de una red local única, las direcciones de Capa 3 deben incluir identificadores que permitan a dispositivos de red intermediarios ubicar hosts en diferentes redes. En la suite de protocolos TCP/IP, cada dirección IP host contiene información sobre la red en la que está ubicado el host.

En los límites de cada red local, un dispositivo de red intermediario, por lo general un router, desencapsula la trama para leer la dirección host de destino contenida en el encabezado del paquete, la PDU de Capa 3. Los routers utilizan la porción del identificador de red de esta dirección para determinar qué ruta utilizar para llegar al host de destino. Una vez que se determina la ruta, el router encapsula el paquete en una nueva trama y lo envía por su trayecto hacia el dispositivo final de destino. Cuando la trama llega a su destino final, la trama y los encabezados del paquete se eliminan y los datos se suben a la Capa 4, el transporte de datos a través de Internetwork se muestra en la figura 2.11.



El encabezado de la Unidad de datos del protocolo también contiene la dirección de red.

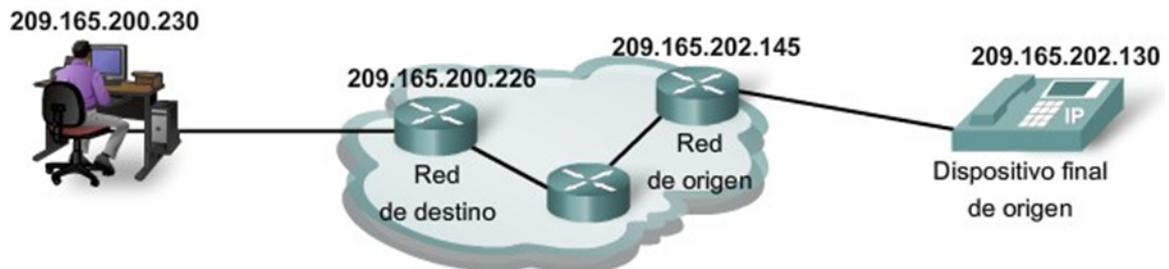


Fig. 2.12: Transporte de datos a través de Internetwork. Fuente [14].

Enrutamiento.

Dentro de una red o subred, los hosts se comunican entre sí sin necesidad de un dispositivo intermediario de capa de red. Cuando un host necesita comunicarse con otra red, un dispositivo intermediario o router actúa como un Gateway hacia la otra red.

Como parte de su configuración, un host tiene una dirección de Gateway por defecto definida. Como ejemplo, se muestra en la figura 2.12, esta dirección de Gateway, dirección de una interfaz de router que está conectada a la misma red que el host.

Tener presente que no es factible para un host particular conocer la dirección de todos los dispositivos en Internet con los cuales puede tener que comunicarse. Para comunicarse con un dispositivo en otra red, un host usa la dirección de este Gateway, o Gateway por defecto, para enviar un paquete fuera de la red local.

El router también necesita una ruta que defina dónde enviar luego el paquete. A esto se lo denomina dirección del siguiente salto. Si una ruta está disponible al router, este envía el paquete al router del próximo salto que ofrece una ruta a la red de destino.

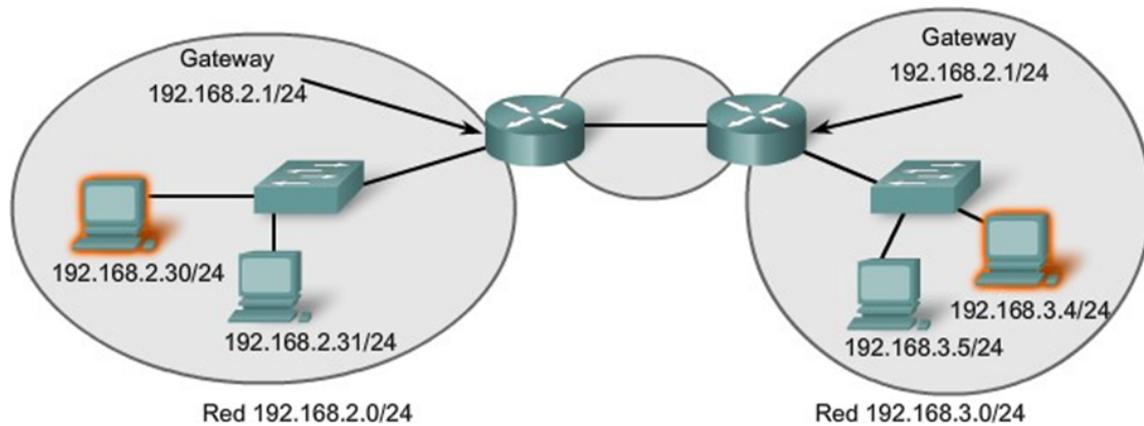


Fig. 2.13: Los Gateways permiten las comunicaciones entre redes. Fuente [14].

Procesos de enrutamiento.

El enrutamiento requiere que cada salto o router a lo largo de las rutas hacia el destino del paquete tenga una ruta para reenviar el paquete. De otra manera, el paquete es descartado en ese salto. Cada router en una ruta no necesita una ruta hacia todas las redes. Sólo necesita conocer el siguiente salto en la ruta hacia la red de destino del paquete.

Enrutamiento estático. Las rutas a redes remotas con los siguientes saltos asociados se pueden configurar manualmente en el router. Esto se conoce como enrutamiento estático. Una ruta default también puede ser configurada estáticamente.

Si el router está conectado a otros routers, se requiere conocimiento de la estructura de Internetworking. Para asegurarse de que los paquetes están enrutados para utilizar los mejores posibles siguientes saltos, cada red de destino necesita tener una ruta o una ruta por defecto configurada. Como los paquetes son reenviados en cada salto, cada router debe estar configurado con rutas estáticas hacia los siguientes saltos que reflejan su ubicación en la Internetwork.

Enrutamiento dinámico. Aunque es esencial que todos los routers en una Internetwork posean conocimiento actualizado, no siempre es factible mantener la tabla de enrutamiento por configuración estática manual. Por eso, se utilizan los protocolos de enrutamiento dinámico. Los protocolos de enrutamiento son un conjunto de reglas por las que los routers comparten dinámicamente su información de enrutamiento. Como los routers advierten los cambios en las redes para las que actúan como Gateway, o los cambios en enlaces entre routers, esta información pasa a otros routers. Cuando un router recibe información sobre rutas nuevas o modificadas, actualiza su propia tabla de enrutamiento y, a su vez, pasa la información a otros routers. De esta manera, todos los routers cuentan con tablas de enrutamiento actualizadas dinámicamente y pueden aprender sobre las rutas a redes remotas en las que se necesitan muchos saltos para llegar.

2.4 SCADA.

SCADA, acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un concepto que se emplea para utilizar un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores), y controla el proceso automáticamente. Provee de toda la información que se genera en el proceso productivo (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.) y permite su gestión e intervención [1].

La realimentación, también denominada retroalimentación o feedback es en una organización, el proceso de compartir observaciones y sugerencias, con la intención de recabar información a nivel individual o colectivo, para mejorar o modificar diversos aspectos del funcionamiento de una organización. La realimentación tiene que ser bidireccional, de modo que la mejora continua sea posible en el escalafón jerárquico de arriba para abajo y de abajo para arriba.

En la teoría de control, la realimentación es un proceso por el que cierta proporción de la señal de salida de un sistema se redirige de nuevo a la entrada. Esto es de uso frecuente para controlar el comportamiento dinámico del sistema. Los ejemplos de la realimentación se pueden encontrar en la mayoría de los sistemas complejos, tales como ingeniería, arquitectura, economía, sociología y biología.

Componentes del sistema.

Los tres componentes de un sistema SCADA son:

1. Múltiples Unidades de Terminal Remota (también conocida como RTU o estaciones externas).
2. Estación maestra y computador con panel HMI.
3. Infraestructura de comunicación.

Unidad de Terminal Remota (RTU). El equipo RTU se conecta al equipo físicamente y lee los datos de estado como los estados abierto/cerrado desde una válvula o un interruptor, lee además las medidas como presión, flujo, voltaje o corriente. Mediante el equipo RTU se puede enviar señales que pueden controlar lo siguiente: abrir, cerrar, intercambiar la válvula o configurar la velocidad de la bomba, ponerla en marcha o pararla.

El equipo RTU puede leer el estado de los datos digitales o medidas de datos analógicos y envía comandos digitales de salida o puntos de ajuste analógicos.

Estación maestra. El término "Estación Maestra" se refiere a los servidores y al software responsable para comunicarse con el equipo del campo (RTUs, PLCs, etc), donde se encuentra el software HMI (Una interfaz Hombre - Máquina o HMI, equipo que presenta los datos a un operador y a través del cual éste controla el proceso).

Infraestructura y métodos de comunicación. El sistema SCADA tiene tradicionalmente una combinación de radios y señales directas, como conexiones seriales o conexiones de módem para conocer los requerimientos de comunicaciones, incluso Ethernet e IP sobre SONET (fibra óptica), es también frecuentemente usada en sitios como las subestaciones de energía eléctrica.

2.5 Protocolos de comunicaciones.

Protocolo DNP3

DNP3 viene del acrónimo del inglés "*Distributed Network Protocol*", en su versión 3, este es un protocolo industrial para comunicaciones entre equipos inteligentes o IED's y las estaciones controladoras, componentes de un sistema SCADA.

Este protocolo es ampliamente utilizado en el sector eléctrico, el protocolo DNP3 fue diseñado para establecer comunicaciones fiables en medios y entornos desfavorables a los cuales los equipos de automatización del sector eléctrico suelen estar sometidos, o para superar las distorsiones que se producen en las comunicaciones por la inducción electromagnética.

Una característica clave de este protocolo DNP3 es que es un protocolo estándar abierto y ha sido adoptado por un número significativo de fabricantes de equipos. La ventaja de un estándar abierto es que permite la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes o de diferentes marcas, esto significa por ejemplo que un usuario puede comprar un equipo de cierto sistema como una estación principal de un fabricante, y luego ser capaz de agregar otros equipos que provienen de otra marca o de otro fabricante.

En la figura 2.13 se muestra la utilización del protocolo de comunicación DNP3 de un sistema de automatización de subestaciones.

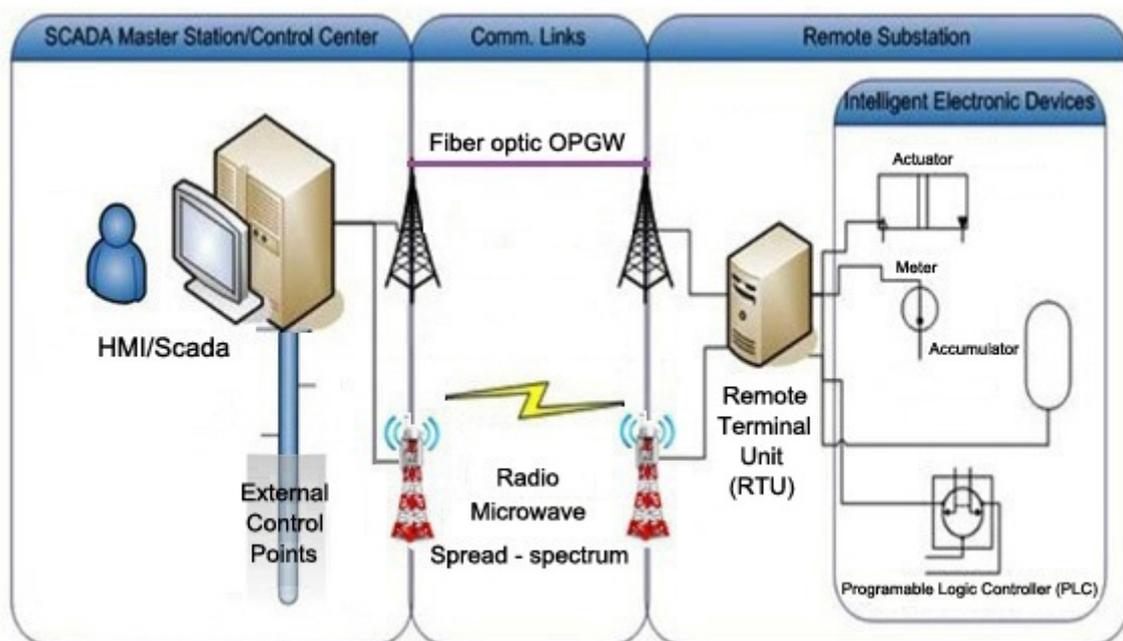


Fig. 2.14: Protocolo de comunicación DNP3 en una subestación. Fuente [1].

Protocolo IEC 61850

IEC 61850, es un estándar para redes y sistemas de comunicación de subestaciones, utiliza tecnologías de red para todos los tipos de intercambios de información que suelen suceder en una subestación [1]. Este modelo de comunicación se ha convertido en una parte integral del sistema de protección y control en subestaciones y ofrece además varios protocolos para las distintas aplicaciones de la subestación:

- i. Protocolo cliente/servidor para SCADA
- ii. GOOSE para el envío de mensajes en tiempo real entre dispositivos de la subestación.

La información GOOSE son señales de estado binario en la red de subestaciones eléctricas y se usan entre otras cosas para el disparo de los relés de protección de la línea de transmisión eléctrica y/o del transformador de potencia.

A través del IEC 61850 se puede realizar varias acciones tales como la protección, el control, la supervisión, el monitoreo a niveles de estación, bahía y proceso a través de entradas y salidas digitales o analógicas de datos y comandos, como se muestra en la figura 2.14.

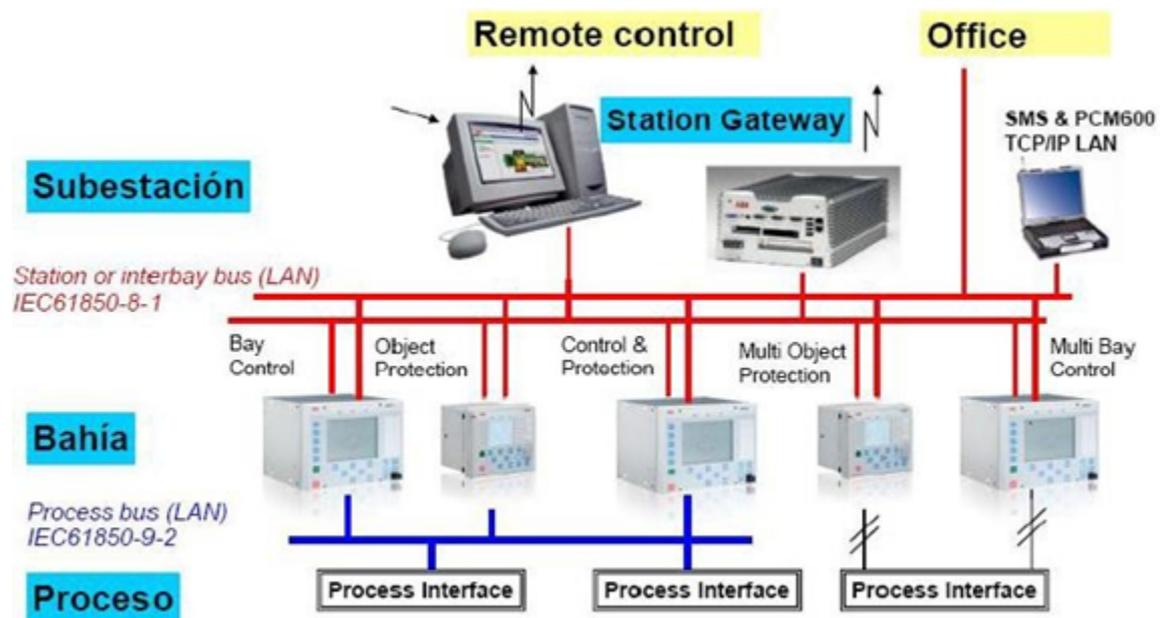


Fig. 2.15: Protocolo de comunicación IEC 61850 en una subestación. Fuente [1].

Protocolo IEC 60870-5-104.

Este estándar de comunicación utiliza la interfaz de red TCP/IP muy aplicada y permite enviar los mensajes básicos de telecontrol entre una estación central (Centro de control de operaciones) y un punto remoto (Subestación eléctrica de potencia), el IEC 104 es el protocolo que se utiliza entre la Unidad Central de Información (UCI) y la Unidad Interna de Datos (IDU), es el protocolo de nivel superior que interactúa con el sistema SCADA el cual sirve para operar y concentrar los puntos remotos tele controlados.

Generalmente, en los sistemas de energía eléctrica se utiliza el protocolo IEC 104 para el centro telecontrol, como se indica en la figura 2.15.

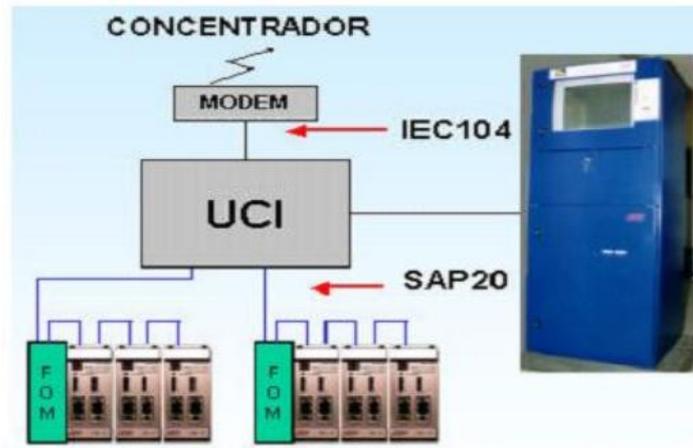


Fig. 2.16: Protocolo de comunicación IEC 60870-5-104. Fuente [1].

CAPÍTULO III PRESENTACIÓN DEL PLAN DEL PROYECTO

3.1 Organización para ejecución del proyecto.

Dentro de los principales pasos para iniciar un proyecto, se tiene que considerar las fases de inicio, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre, lo cual lleva tiempo, dedicación y esfuerzo. Es por tal razón que debe organizarse para la ejecución del proyecto asumiendo cada área involucrada en el proyecto sus responsabilidades y obligaciones de acuerdo al organigrama del proyecto, con el objetivo de cumplir con la finalización de la obra en el tiempo especificado en el contrato, lo cual se muestra en la figura 3.1.

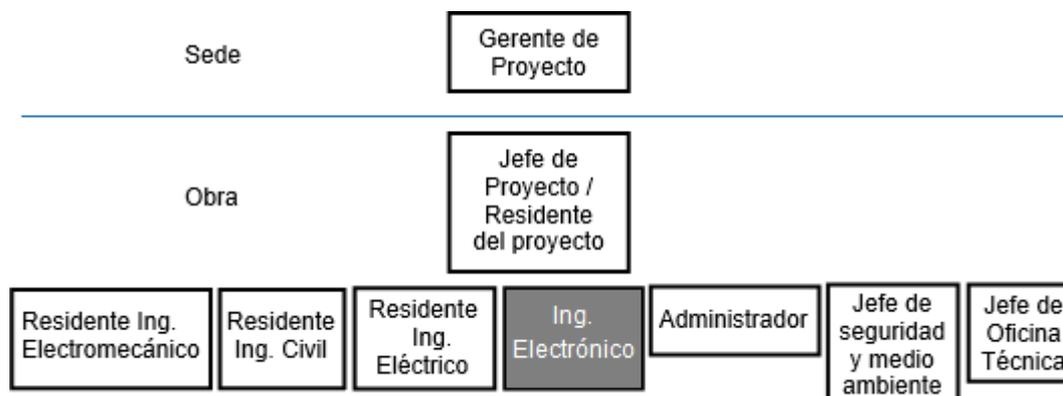


Fig. 3.1: Organigrama del proyecto. Fuente [1].

Gerente de Proyecto. Tiene la responsabilidad total del planeamiento y la ejecución del proyecto.

Funciones:

- Responsable integral del desarrollo de los trabajos de supervisión de la ejecución del proyecto.
- Responsable de la programación, control y monitoreo de todas las actividades del proyecto.
- Cumplimiento del reglamento interno de trabajo.

Jefe de Proyecto / Residente del proyecto. Encargado de planificar, ejecutar y monitorizar las acciones que forma parte de la ejecución del proyecto.

Funciones:

- Responsable directo del resguardo y realización del cuaderno de obra de manera coordinada y conciliada con la gerencia.
- Conocer plenamente todos los equipos que tiene la empresa, así como organizar y planificar las tareas de cada área del proyecto.
- Asegurar la consecución de los objetivos de calidad, seguridad y medio ambiente que esta marque.
- Supervisar el desarrollo y cumplimiento de los documentos entregables para el proyecto, en el plazo establecido con el cliente.
- Convocar a reuniones internas y externas que ayuden a solucionar y establecer mejoras continuas en las áreas profesionales involucradas y en el proyecto.
- Asegurarse que la realización de la requisición de compra sea elaborada con la debida anticipación.

Residente Ing. Electromecánico. Responsable de realizar el análisis, diseño, desarrollo de la ingeniería de detalle electromecánica del proyecto.

Funciones:

- Realizar instalaciones y pruebas de los equipos electromecánicos de potencia.
- Manejo de presupuesto del suministro electromecánico.
- Manejo y control del personal técnico de obra.
- Elaborar cronograma de trabajo, así como informes diarios y semanales.
- Revisión de planos electromecánicos de los equipos a instalar.
- Coordinación con el supervisor del proyecto.
- Atención a las observaciones y reportes solicitados por la dirección del proyecto

Residente Ing. Civil. Responsable de hacer el análisis, diseño y construcción de la subestación, así como de las obras civiles correspondiente a las líneas de transmisión.

Funciones:

- Realizar y ejecutar planos de construcción civil.
- Manejo de presupuesto del suministro civil.
- Supervisar y controlar el avance de la obra bajo los parámetros y lineamientos establecidos.

- Brindar soporte para asegurar el correcto proceso de construcción manteniendo la calidad.
- Responsable del control de calidad en materiales, maquinaria y equipos dispuestos para el proyecto.

Residente Ing. Electricista. Responsable de hacer el análisis, diseño, desarrollo y montaje de las líneas de transmisión.

Funciones:

- Realizar el replanteo de las líneas eléctricas y de las tablas de flechado.
- Manejo de presupuesto del suministro correspondiente a la línea de transmisión.
- Realizar el flechado de conductores en coordinación con los capataces de línea.
- Ejecutar actividades de inspección en campo en relación a la línea de transmisión.
- Coordinar las maniobras en la línea de transmisión con los jefes de cuadrillas y con la supervisión.

Ing. Electrónico. Responsable de hacer el análisis, diseño, desarrollo e implementación del sistema de telecomunicaciones y control para la automatización de las subestaciones eléctricas.

Funciones:

- Desarrollo de la ingeniería de Detalle.
- Desarrollo del sistema de automatización del proyecto.
- Desarrollo del sistema de telecomunicaciones de acuerdo a las normas y procedimientos técnicos.
- Gestionar las consultas técnicas con la supervisión y/o el cliente.
- Realizar instalaciones y pruebas de los equipos de comunicaciones y control.

Administrador de obra. Responsable de realizar funciones propias de administración y control económico del proyecto en conformidad con los procedimientos establecidos por la empresa.

Funciones:

- Planificar, organizar, administrar y gestionar eficientemente la información y los recursos de la obra, bienes y activos desde el inicio, ejecución y cierre del proyecto.
- Manejo del personal obrero (tareo, altas, bajas, descansos médicos, etc.)

- Manejo de la logística de la obra (órdenes de compra, control de subcontratas, etc.)
- Revisar y gestionar las solicitudes, documentos, comprobantes, facturas generadas de la ejecución de la obra.
- Supervisar el cumplimiento de órdenes de compra y servicio por proveedores y subcontratistas.
- Coordinar y velar por el cumplimiento de los procesos, trámites documentarios vinculados con la gestión administrativa del personal del proyecto desde su ingreso a la obra, hasta su desvinculación.

Jefe de seguridad y de medio ambiente. Responsable de aplicar las medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados en el trabajo.

Funciones:

- Revisar y aprobar el plan de seguridad de los trabajadores de la empresa y de los subcontratistas, y velar por su cumplimiento.
- Gestionar y verificar el buen uso de los equipos de protección personal.
- Hacer cumplir e implementar mejoras en las herramientas de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, así como hacer cumplir e implementar la legislación aplicable y reglamentos internos en las operaciones que se desarrollan.
- Organizar, dirigir, ejecutar y controlar el desarrollo del plan de SSOMA (Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente) en coordinación con el gerente de proyecto.
- Realización de capacitaciones SSOMA a los trabajadores de la empresa.
- Paralizar cualquier labor en operación que se encuentre en peligro inminente y/o en condiciones subestándar que amenaza la integridad de las personas, equipos e infraestructura, hasta que se eliminen dichas amenazas.
- Participar en la investigación de los incidentes con alto potencial de daño, para tomar las medidas preventivas.

Jefe de oficina técnica. Responsable de la dirección del personal integrado en el departamento de oficina técnica, asesorar y apoyar las áreas de producción en la implantación de técnicas de calidad y de mejoras en los procesos de producción del proyecto.

Funciones:

- Verificar que las condiciones iniciales de terreno sean consistentes con el expediente técnico.
- Diseño de las normas y procedimientos técnicos de la obra, haciendo uso de ingeniería y tecnología con aplicaciones a la ingeniería.
- Supervisar y evaluar las metodologías y procesos técnicos del proyecto.
- Asegurar que la ejecución del proyecto sea de conformidad con el expediente técnico.
- Gestionar las consultas técnicas con la supervisión y/o el cliente.
- Gestionar la disponibilidad de información (Expediente técnico, información de campo, presupuestos de adicionales, entre otros).
- Asegurar que se realicen los metrados de manera conforme con cada objetivo (Determinar las cantidades iniciales reales, presupuesto adicionales, determinar la cantidad de obra ejecutada, liquidación y valorizaciones).
- Asegurar la cuantificación de las cantidades que realmente ha sido ejecutadas en el periodo de valorización.

3.2 Tiempo para ejecución y determinación del cronograma del proyecto

El plazo de ejecución de la obra es de cuatrocientos cincuenta (450) días calendario, se inicia con la entrega del terreno y concluye con la culminación de la obra, la misma que se indica mediante asiento en cuaderno de obra, esta anotación es previamente confirmada por el supervisor de obra y de la empresa Electronorte S.A.

Toda obra debe tener un cronograma para la ejecución del proyecto (Ver anexo I), para tener una idea general del proceso de elaboración de sus actividades, en término de tiempo, días, meses y años. Se debe organizar los trabajos en fechas probables, para saber cuánto tiempo requiere la ejecución de cada trabajo definitivo; no obstante la empresa contratista puede solicitar ampliación de plazo siempre que se modifique la ruta crítica del cronograma de ejecución de obra por motivos como, demora de entrega de materiales por parte de la empresa contratante, caso fortuito o fuerza mayor debidamente comprobada, postergación del corte programado y pactado para ejecutar actividades sin tensión, siempre que esta actividad afecte la ruta crítica del cronograma de ejecución de la obra y la empresa contratista haya cumplido con el suministro de materiales para la actividad que la afecte.

3.3 Liquidación del proyecto.

La contratista ha de presentar con anticipación al vencimiento del plazo contractual la designación de una comisión de recepción, debiendo actuar el supervisor como asesor de ésta.

El residente de obra debe anotar en el cuaderno de obra la fecha de culminación de los trabajos, solicitando de manera inmediata la realización de la inspección, pruebas y recepción total de obra por la comisión de recepción e informando a la empresa Electronorte S.A.; para tal efecto, se debe alcanzar el expediente técnico de conforme a obra. En caso de que la comisión de recepción encontrara que la obra no ha sido ejecutada de acuerdo a lo establecido en el expediente técnico del concurso, no ha de recepcionar la obra, dejando constancia de ello en el "Acta de Inspección y pruebas", la misma que es suscripta por ambas partes, en la que se hace constar todas las observaciones que se encuentren, las cuales deben ser subsanadas por la empresa contratista.

Subsanadas las observaciones, la contratista comunica este hecho mediante cuaderno de obra. La comisión procede con verificar la subsanación de las observaciones y luego ha de proceder con la suscripción del acta de recepción provisional de la obra.

Después de la recepción provisional, la obra queda sometida a un periodo de garantía, contados a partir de la fecha en que se suscriba el Acta de recepción provisional hasta la fecha de suscripción del Acta de Recepción Definitiva.

Una vez terminada la obra al cien por ciento (100%) y luego de suscrita el Acta de recepción provisional de la obra, la Contratista presenta para su revisión y/o aprobación del supervisor de obra la liquidación de la obra los siguientes documentos:

- Plano de replanteo original.
- Memoria descriptiva del proyecto.
- Especificaciones técnicas de los suministros y montaje electromecánico.
- Inventario de los materiales instalados.
- Planos conforme a obra.
- Protocolos de fábrica de los materiales suministrados.
- Pólizas adquiridas en la obra.
- Carta fianza de fiel cumplimiento (Contrato de garantía de cumplimiento de pago de una obligación ajena, suscrito entre el fiador y el deudor)
- Actas de entrega de terreno, acta de recepción de provisional de obra y otras que hubiese.
- Anexo fotográfico, cronológico, de la ejecución de la obra.

Para la suscripción del acta de recepción definitiva, la comisión de recepción respectiva realiza una inspección total de la obra y únicamente en el caso de que no existieran defectos de operación, se ha de proceder con la redacción y suscripción del Acta de recepción definitiva, previa verificación por parte de la empresa Electronorte S.A. a todas las instalaciones materia de la obra ejecutada se encuentre funcionando a plena satisfacción.

CAPÍTULO IV INGENIERÍA DEL PROYECTO

4.1 Solución técnica del proyecto.

Para el control y operaciones del sistema eléctrico, la empresa Electronorte S.A. ha desarrollado la ingeniería definitiva del proyecto, que comprende la implementación del sistema de telecomunicaciones a través de la línea de transmisión eléctrica y de las subestaciones La Viña, Nueva Motupe y Pampa Pañala, así como su integración al sistema SCADA.

Este proyecto se basa en los requisitos técnicos y funcionales de los componentes que la forman, así como las especificaciones técnicas requeridas para desarrollar un sistema de telecomunicaciones de transmisión de información bidireccional (voz, datos y teleprotecciones) entre los puestos de supervisión y el centro de control de operaciones de Electronorte S.A., además de los equipos y enlaces de comunicaciones (principal y de backup) de las subestaciones involucradas en la ingeniería del proyecto.

Las subestaciones Pampa Pañalá y Nueva Motupe son nuevas, esta última reemplaza a la actual subestación Motupe ya que ésta no cuenta con espacio ni energía suficiente.

Así también, la subestación La Viña (de propiedad del Proyecto Especial Olmos Tinajones), tampoco cuenta con el espacio suficiente; en ese sentido se ha acondicionado el espacio para las nuevas celdas de salidas, así como para los tableros de control, protección y medición, y equipos de telecomunicaciones.

Usando la infraestructura de las líneas de transmisión eléctrica que unen las subestaciones de potencia antes mencionadas y que son parte del proyecto, se ha instalado la fibra óptica OPGW de 24 hilos monomodo que proporciona el soporte de comunicaciones a dichas subestaciones para el enlace con el centro de control de operaciones de Electronorte S.A. ubicado en la ciudad de Chiclayo.

Se presenta los sistemas y componentes, dejando claro el funcionamiento de las redes de comunicaciones y de cómo ha sido enfocada las distancias que hay entre las subestaciones utilizando las técnicas de transmisión óptica y de radioenlace indicadas en las figuras 4.1 y 4.2.

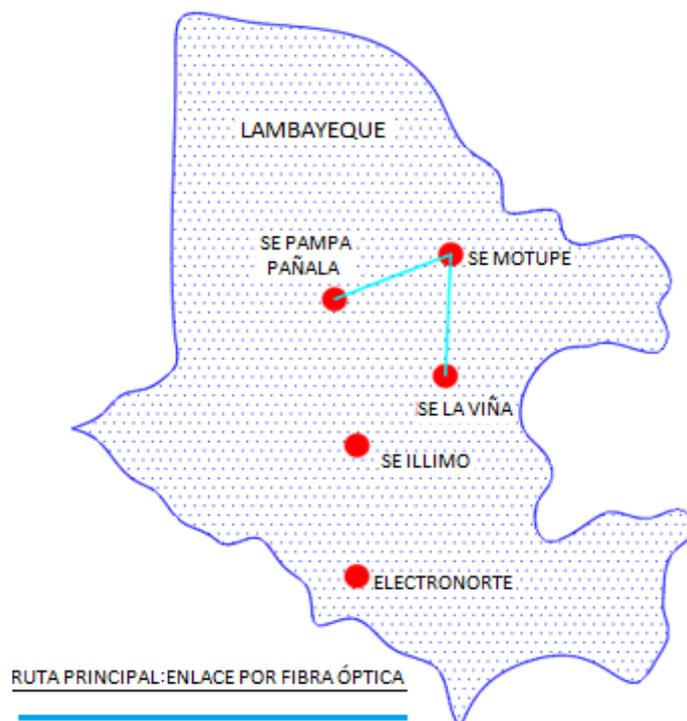


Fig. 4.1: Enlace por Fibra Óptica OPGW. Fuente [Propia].

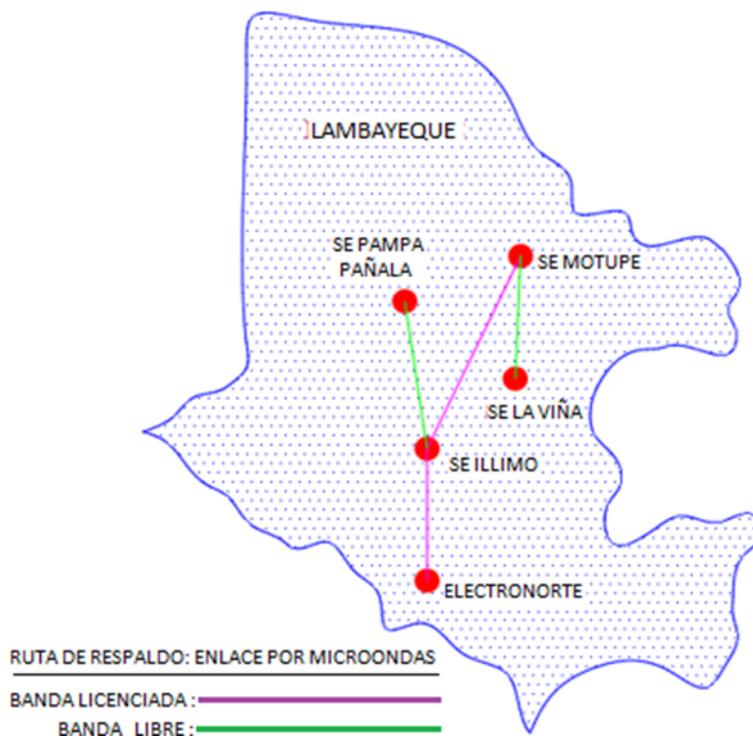


Fig. 4.2: Enlaces por Microondas. Fuente [Propia].

4.2 Rutas de comunicación.

Ruta principal – Sistema de comunicaciones por fibra óptica.

La red de telecomunicaciones con fibra óptica OPGW de 24 hilos, se extiende a lo largo de la línea de transmisión de 60kV entre las subestaciones de potencia, cada extremo de esta fibra es conectada a la caja de empalme que se encuentra ubicada en el pórtico de llegada de cada subestación, luego desde esta misma caja de empalme es conectada el cable de fibra óptica del tipo ADSS hacia el tablero de comunicaciones ubicada en el edificio de control local en cada una de las subestaciones que se indican a continuación:

- Subestación Pampa Pañalá
- Subestación Nueva Motupe
- Subestación La Viña

En estas subestaciones se han instalado diversos equipos, componentes y/o accesorios de telecomunicaciones cuyo alcance comprenden las siguientes:

1. Instalación y configuración de equipos de Networking – Switches (Switches para RTU, relés , medidores, para teléfonos IP y computadoras)
2. Instalación y configuración de las Unidades Terminales Remotas – RTU
3. Instalación y configuración del sistema de telefonía y/o equipos telefónicos o anexos IP.
4. Implementación del sistema de cableado estructurado.
5. Implementación de sistemas de puesta a tierra para equipos de telecomunicaciones.
6. Integración de los servicios de comunicaciones a implementar, tales como el SCADA, la telefonía, las teleprotecciones, las tecnologías de información, entre otras; además del ancho de banda a considerar para la interconexión de dichas subestaciones de potencia.
7. Integración de las telecomunicaciones con los relés, medidores y tableros de control de las respectivas líneas de transmisión.
8. Implementación de la red de Networking, PC's, telefonía, entre otros.
9. Certificación del cableado estructurado en cobre categoría 6A FTP, así como de la fibra óptica ADSS y OPGW.

Portadoras T1 /E1

En telecomunicaciones, la portadora-T (Inglés: T-Carrier) es la designación de un sistema genérico de telecomunicaciones para los sistemas digitales multiplexados originalmente desarrollados por los laboratorios Bell y utilizado en Estados Unidos y Japón.

La unidad básica del sistema de portadoras-T es el DS0 que tiene una velocidad de transmisión de 64 kbps y es normalmente usado para un circuito de voz.

El sistema de Portadoras–E (Inglés:E-Carrier), o sistema europeo de portadoras es incompatible con las Portadoras-T y se utiliza en el todo el mundo excepto en Japón y los Estados Unidos.

E1 es un paquete compuesto por 32 canales de 64 kbps, dando un total de 2.048 Mbps

T1 se utiliza para designar circuitos digitales que funcionan a velocidades de 1.544 Mbps. Originalmente el T1 portaba 24 canales de voz codificados (PCM) y multiplexados (TDM) en tramas de 64 kbps, separando 8 kbps para información de trama la cual facilita la sincronización y la demultiplexación en el receptor.

El sistema T-portador se basa en el estándar de señalización DS1 definido por AT & T. Un canal DS1 se forma a partir de una combinación de 24 DS0 (Digital Signal cero) con canales de 64 kbps de ancho de banda de cada uno, para un ancho de banda total de 1.544 Mbps. Esta configuración se denomina un circuito T1 y es el circuito de base del que se derivan otros circuitos T-portadoras. Los 24 canales DS0 bien pueden utilizarse por separado para la voz y los datos o ser combinados mediante el uso de una técnica llamada multiplexación por división de tiempo (TDM), en la que la voz o de datos de información de cada canal está intercalada en un único flujo de bits. Un frame DS1 se compone así de 1 byte (8 bits) de cada canal DS0 más 1 bits de encuadre de control. La tasa de transmisión de tramas se establece en 8000 frames por segundo, lo que significa que el ancho de banda total de un circuito T1 o DS1 se puede calcular utilizando la fórmula (4.1):

$$T1 = 8000 \frac{\text{frame}}{s} \times ((24 \times 8) + 1) \frac{\text{bit}}{\text{frame}} = 1544000 \frac{\text{bit}}{s} = 1.544 \text{Mbps} \dots (4.1)$$

Transceptor SFP

Un transceptor SFP, del inglés small form-factor pluggable transceptor (en español transceptor pequeño de factor y forma conectable) conocido como SFP, es un transceptor compacto y conectable en caliente utilizado para las aplicaciones de comunicaciones de datos y telecomunicaciones. Están diseñados para soportar SONET, canal de fibra, Gigabit Ethernet y otros estándares de comunicaciones.

Es un formato popular de la industria, desarrollado conjuntamente con el apoyo de muchos proveedores de componentes de red.

Tipos

Ethernet sobre fibra óptica

- SX - 850 nm, 550 m, MMF.
- LX - 1310 nm, 20 km, SMF.
- EX - 1310 nm, 40 km, SMF.
- ZX - 1550 nm, 80 km, SMF.

Características

Son módulos con carcasa para protección EMI por sus siglas en inglés (ElectroMagnetic Interference), módulos de fibra óptica que permiten la interfaz entre las fibras y los switches, con su sistema de instalación plug and play. Estos módulos tienen la función de extender la distancia de transferencia a los equipos inteligentes que cuenten con los conectores SFP.

Trabajan a una longitud de onda para fibras multimodo de 850 nm logrando una distancia máxima de 550 m y de 1310 nm de longitud de onda para fibras monomodo, alcanzando una distancia de hasta 20 km.

Son compatibles con velocidades de 625 Mbps y 1.25 Gbps y capaces de ofrecer un elevado rendimiento ya que se han desarrollado para cumplir los requerimientos de distribución en redes ópticas de telecomunicaciones, Internet, telefonía y video, garantizando un bajo costo en instalaciones de este tipo.

Disponibles con puertos LC dúplex, son compatibles con switches, con los estándares IEEE802.3z Gigabit Ethernet y fibra óptica.

Otra característica importante es el color del SFP, relacionado con la ventana de transmisión en la que trabaja (ver página 50).

Las más comunes:

"Negro" significa primera ventana y multimodo.

"Azul" significa segunda ventana y monomodo.

"Amarillo" significa tercera ventana y monomodo.

La fibra óptica que se va a utilizar es la G.652 D (bajo pico de agua), OPGW de 24 fibras, monomodo 9/125 μm , la cual cumple con la recomendación ITU-T G.652; las características de esta fibra óptica se muestran en la tabla 4.1:

Tabla 4.1: Cable de guarda con fibra óptica (OPGW). Fuente [1].

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REQUERIDO
A	CABLE COMPLETO		
	Tipo		OPGW-PLAST
	Norma de fabricación		ITU and IEEE 1138
	Diámetro nominal del cable	mm	12.9
	Sección	mm ²	87
	Peso	Kg/Km	509
	Módulo de elasticidad	Kg/mm ²	13831
	Coeficiente de expansión lineal	1/°C	14.2x10 ⁻⁶
B	TUBO DE PROTECCIÓN		
	Material		Aluminio
	Construcción		Extruido
	Espesor aproximado	mm	7.7
C	NÚCLEO ÓPTICO		
	Número total de fibras ópticas		24
	Número de unidades ópticas		4
	Número de fibras por unidad óptica		6
	Construcción		Holgada
	Barrera térmica		Incorporada
	Protección mecánica		Incorporada
	Temperatura máx. soportables de las fibras	°C	140
D	FIBRA ÓPTICA		
1	Características Geométricas y Ópticas		
	Diámetro de campo monomodo	µm	9.2+/-0.4/1310nm 10.4+/-0.8/1550nm
	Diámetro del revestimiento	µm	125 +/- 0.7
	Error de concentricidad del campo monomodal	µm	≤0.5
	Nº circularidad del revestimiento	%	≤1.0
	Longitud de onda de corte	nm	≤1260
	Prof. Test	%	1%
	Código de colores	nm	EIT/TIA 598
2	Características de transmisión		
	Atenuación para 1310nm	dB/km	≤0.35
	Atenuación para 1550nm	dB/km	≤0.22
	Dispersión total para 1310nm	ps/km.nm	<3.5
	Dispersión total para 1550nm	ps/km.nm	<20

Por otro lado, para la implementación de la fibra óptica OPGW se ha considerado 13 bobinas de este material, conteniendo las siguientes longitudes 2.24, 3.56, 4.58, 4.59 4.59, 4.58, 4.57, 4.68, 4.69, 4.68, 4.69, 4.78 y 4.79 km; utilizando 6 bobinas en el tramo que une las subestaciones La Viña y Nueva Motupe, y la utilización de 7 bobinas en el tramo que une las subestaciones Nueva Motupe y Pampa Pañala.

Protocolos de comunicaciones

Actualmente, el uso de protocolos de comunicaciones ha encaminado a la utilización de protocolos abiertos, lo que ha permitido integrar los equipos electrónicos de diferentes marcas y fabricantes, en tal sentido, la comunicación entre estos equipos electrónicos ha sido configurado utilizando los protocolos estándares, y entre los más relevantes, podemos citar de manera genérica los siguientes:

- i. La comunicación entre el centro de control de operaciones y los equipos RTUs son mediante el protocolo IEC-870-5-104.
- ii. La comunicación entre los RTUs y los IEDs (Dispositivos Electrónicos Inteligentes) es a través del protocolo DNP3.0 e IEC 60870-5-103 (IEC 103).
- iii. La comunicación entre la UCS (Unidad Concentradora de Señales), RTU, Gateway y los IEDs es mediante el protocolo IEC 61850.
- iv. La comunicación entre los relés antiguos con los relés nuevos es mediante el protocolo DNP3 o también el IEC 103.

Protocolo de enrutamiento OSPF

La ventaja del protocolo OSPF (Open Shortest Path First, protocolo de enrutamiento para redes de protocolo de internet) para el sistema de telecomunicaciones, se debe a que permite encontrar la ruta más corta y en las mejores condiciones para la transmisión de datos, logrando mantener un servicio eficiente y confiable. La característica de este protocolo dinámico es detectar rápidamente los cambios producidos en la topología del sistema y calcular las nuevas rutas sin ciclos de enrutamiento, luego de un periodo rápido de convergencia, de esta manera no se da por intervenir en los routers existentes, la figura 4.3 muestra un ejemplo de las mejores rutas de destino.

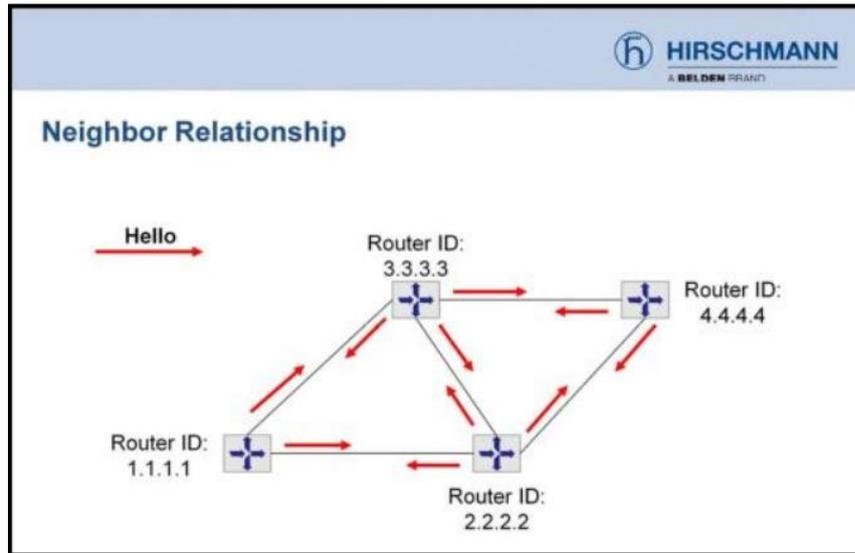


Fig. 4.3: Aplicación del OSPF, calculando las mejores rutas de destino. Fuente [1].

La aplicación para concluir con la configuración es requerimiento la definición del IP en la red WAN; en la figura 4.4 se muestra la topología y en óvalos las direcciones IP que han sido suministrados por la contratista.

Siendo de gran importancia la definición de las direcciones IP, dadas que si se configura con direcciones IP existentes, se presentarían conflictos al momento de enlazar al sistema de redes.

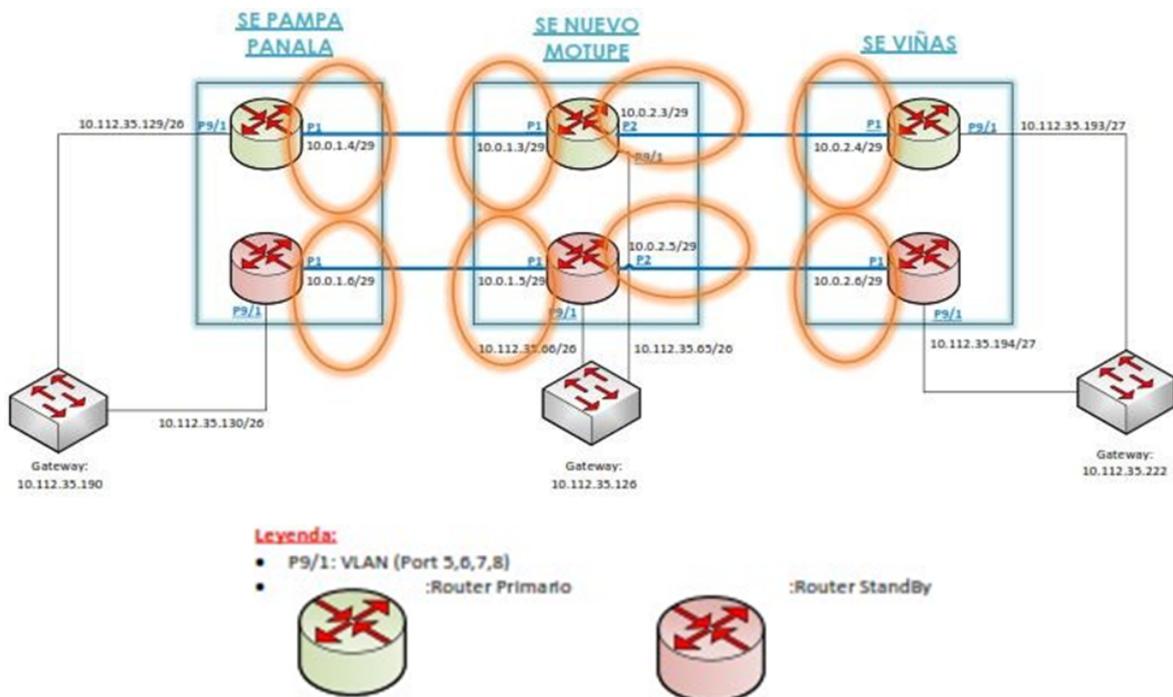


Fig. 4.4: Designación de direcciones IP. Fuente [1].

Presentación del sistema de telecomunicaciones.

A continuación, se presenta de manera general el sistema de telecomunicaciones, a implementar, el cual está compuesto por los siguientes subsistemas:

- i. Sistema de transmisión mediante fibra óptica OPGW (como enlace principal).
- ii. Sistema de comunicación inalámbrica – Wireless (como enlace de backup).
- iii. Sistema de redes Networking.
- iv. Unidad Terminal Remota – RTU.
- v. Sistema de Telefonía.
- vi. Sistema de cableado estructurado.

Sistema de transmisión mediante fibra óptica.

Las 3 subestaciones de potencia (Ampliación SE La Viña, SE Nueva Motupe y SE Pampa Pañala) se enlazan y comunican mediante una red de fibra óptica monomodo del tipo OPGW, instalados en la misma infraestructura de las líneas de transmisión de 60kV que unen a dichas subestaciones de potencia.

La tecnología a emplear para la transmisión de las telecomunicaciones mediante la fibra óptica OPGW es mediante las portadoras T1/E1 que tiene una capacidad 1.544 Mbps y 2.048 Mbps respectivamente, la topología de red a utilizar se indica en la figura 4.5. Como se puede observar las distancias son relativamente “medianas” (de 22.5 y 26.1 km) y es por ello que se pueden utilizar las transmisiones T1/E1 utilizando los transceptores SFP que soporta hasta 40Km.

Por ello han sido seleccionados para este proyecto las siguientes características del transceptor:

- Factor de forma: SFP
- Tipo de dispositivo: Módulo de transceptor
- Tipo de interfaz (Bus): Módulo plug-in
- Tecnología de conectividad: Alámbrico
- Aplicación: 1000BASE-EX
- Velocidad de transferencia de datos: 1 Gbps
- Longitud de onda: 1310 nm
- Distancia max: 40 km
- Tipo de fibra: SMF (Fibra Óptica Monomodo)
- Conector: LC dúplex
- Temperatura de funcionamiento: 0 ~ 70 °C

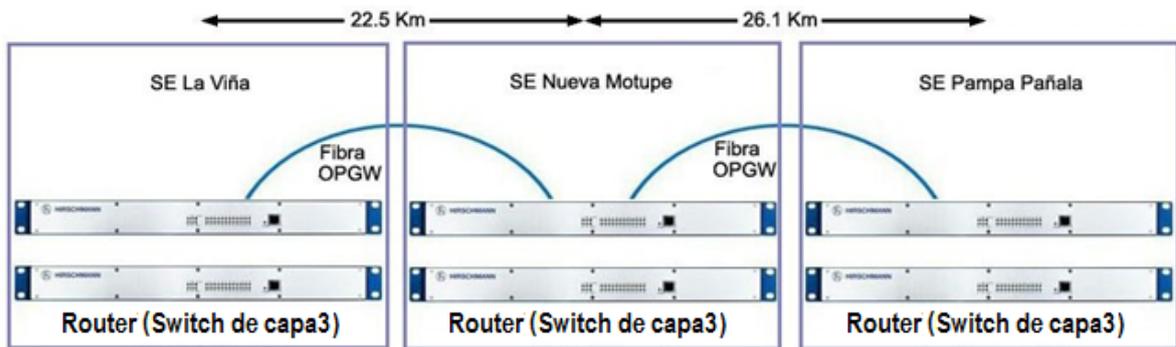


Fig. 4.5: Topología de la red de fibra óptica OPGW. Fuente [Propia].

El criterio de utilizar la topología “punto a punto” se fundamenta que ante un fallo en uno de los equipos router de transmisión (Switch de capa 3) en una de las subestaciones de potencia, éste no implique la caída de las comunicaciones entre el resto de las subestaciones de la red.

Los servicios que soporta este sistema de comunicaciones de fibra óptica OPGW se detallan a continuación:

- Datos del sistema de teleprotección que contiene los datos de protección de distancia, relés y otros.
- Datos de las RTU’s del SCADA.
- Datos de las redes LAN (PC’s) de cada una de las subestaciones.
- Transmisión de voz del sistema de telefonía IP.
- Acceso a Internet.
- Preparada para soportar otras aplicaciones (Ejemplo, video vigilancia o video operaciones)

El sistema principal de telecomunicaciones se encuentra basado en tecnología switch de capa 3 (dos por cada subestación), conformado por la topología en anillo. Este equipo switch industrial de la marca Hirschmann, modelo MAR1140 cuenta con las siguientes funcionalidades:

- Conmutador Fast Ethernet reforzado.
- 16 puertos combo RJ45-SFP (10/100/100Base-TX).
- Seguridad de puertos (IP y MAC), SNMP V3, SSHv2, Autenticación (IEEE802.1x), VLAN invitada y VLAN no autenticada.
- Funciones de redundancia: HIPER-Ring, MRP, MSTP, y RSTP, anillos múltiples.
- Filtros: QoS 4 clases, priorización (IEEE 802.1D / p), VLAN (IEEE 802.1Q), VLAN de voz, aprendizaje de VLAN compartida, etiquetado Q-in-Q doble VLAN.
- Multicast IGMP v1/v2/v3.
- Flujo de control: 802.3x, prioridad de puerto 802.1D/p, prioridad (TOS/DIFFSERV), Prio (MAC/IP), modelado de tráfico (Unicast, Multicast, Broadcast)
- Sincronización de tiempo SNTP, PTP / IEEE 1588.
- Funcionalidades de capa 3: RIP, OSPFv2.
- Certificación IEC61850-3, IEEE1613.

Los equipos routers (Switches de capa 3) han sido configurados para transportar los servicios en la topología anillo de fibra óptica, tal como se muestra en la figura 4.28, arquitectura de telecomunicaciones (ver página 92). Las comunicaciones utilizados para el envío/recepción de señales de protección diferencial (87L) y teleprotección (21/67N) de los relés de protección es de punto a punto mediante fibra óptica monomodo tanto para el relé principal como para el relé de respaldo.

Condiciones generales para el cálculo de potencia de transmisión en la fibra óptica.

A continuación se presenta las diferentes condiciones que han sido tomadas en cuenta al momento de realizar los cálculos de potencia de transmisión en la fibra óptica.

- Longitud de fibra óptica para acometida:** Fibra óptica ADSS que se enlaza desde la caja de empalme ubicado en el pórtico de llegada de la línea de transmisión hasta el gabinete de telecomunicaciones ubicado en la sala de control de la subestación; como se aprecia en la figura 4.6, la longitud de la acometida incluye el valor total de la distancia de este enlace, y comprende de 100 metros (de extremo a extremo incluido las reservas).

- ii. **Pérdida por empalme.** Los empalmes realizados en la fibra óptica han sido por fusión y su pérdida constata a lo que se indica en la norma EIA/TIA 455-34 o EIA/TIA 455-54, es decir que el valor máximo de atenuación en un empalme por fusión es de 0.30 dB, sin embargo, para este proyecto, el cálculo debe mostrar pérdidas por empalme en el rango de 0.1 a 0.15 dB/empalme. Hay que tener en cuenta que la atenuación de 0.30 dB por empalme está considerada como máxima, pero éste no es un valor real debido a la distancia de rutas de transmisión consideradas en el proyecto, para las líneas de transmisión es necesario fijar un valor real respecto a las pérdidas y que estén por debajo de los 0.30 dB/km.
- iii. **Número de empalmes:** El número de empalmes está muy ligado a la longitud de cada bobina (ver página 45) de fibra óptica OPGW, por tanto, con ello se ha obtenido 15 empalmes sobre el recorrido de la línea de 57.02 Km; también se ha tenido en cuenta el perfil del trayecto y el número de cajas de empalme que se ha requerido para los enlaces de fibra óptica.
- iv. **Pérdidas en conectores:** Es la pérdida debido al empalme realizado en el patch cord (latiguillos) que va desde el equipo transmisor hasta el ODF (distribuidor de fibra óptica), con ello ha sido considerado las pérdidas por empalme en 0.75 dB por cada conector o patch cord.
- v. **Pérdidas adicionales:** Se considera pérdidas adicionales con un margen de 2 dB en cada uno de los bobinados, de esta forma se tiene la certeza de que en la puesta en marcha no se presente problema alguno de pérdida intrínseca de la fibra óptica, tales como las micro curvaturas y el desgaste propio debido al tiempo de uso del transceptor óptico de cada equipo transmisor.

Ventanas de transmisiones ópticas.

Longitudes de onda con una atenuación reducida:

Primera ventana 850nm: Fuente Led, para cortas distancias y fibra multimodo.

Segunda ventana 1310nm: Fuente Laser, para distancias medias y fibra multimodo/monomodo.

Tercera ventana 1550nm: Fuente Laser, para largas distancias y fibra monomodo.

Acometida de fibra óptica ADSS, aplicable en subestaciones eléctricas de potencia.

La acometida de fibra óptica ADSS (*All Dielectric Self Supported*, cable de fibra óptica completamente dieléctrico y auto soportado) en cada subestación eléctrica de potencia considerada en el proyecto es la longitud del cable óptico utilizado que cubre una distancia entre el tablero de telecomunicaciones ubicada en la sala de control y el pórtico de llegada, en el cual este último recibe los cables de fibra óptica OPGW, como se muestra en la figura 4.6, esta distancia depende de la ubicación del tablero de telecomunicaciones, del recorrido de las canaletas de piso o de las canalizaciones y de la ubicación de la caja de empalme instalada sobre el pórtico; como medida de protección del cable óptico ADSS se recomienda sea de tipo anti-roedor.

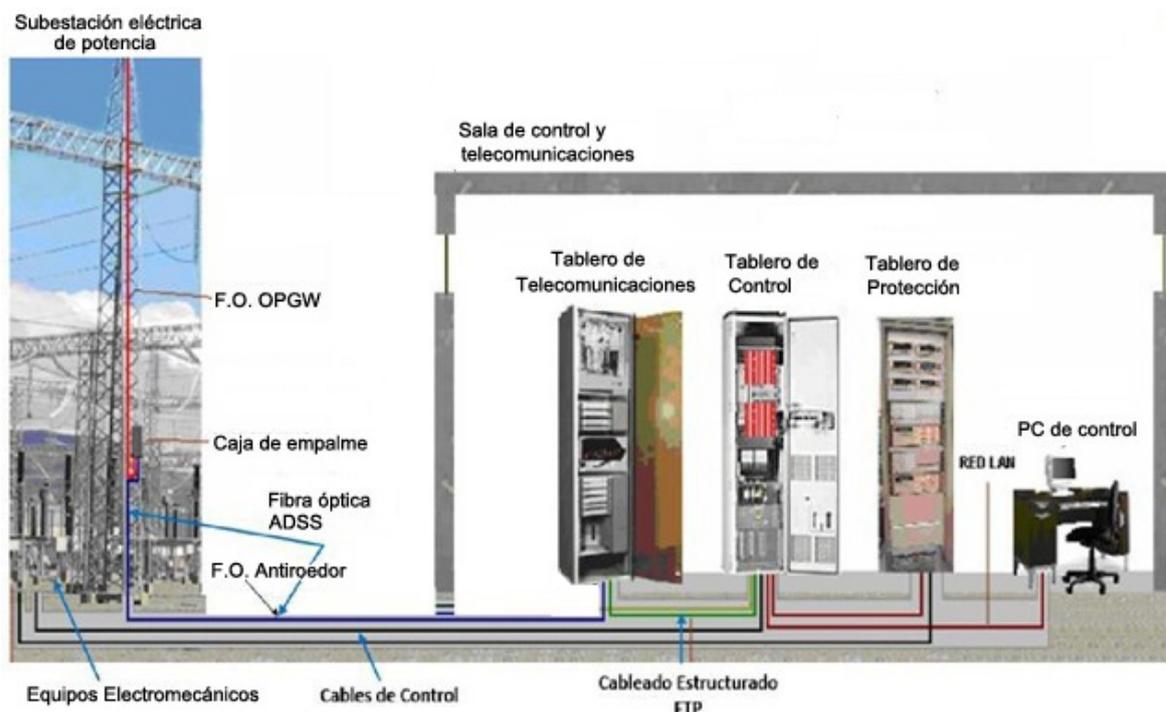


Fig. 4.6: Acometida de fibra óptica ADSS. Fuente [1].

Enlace de fibra óptica OPGW, SE La Viña – SE Nueva Motupe

La longitud de este enlace de comunicaciones de fibra óptica es similar que de la línea de transmisión en 60 kV consideradas entre dichas subestaciones eléctricas, es decir 22.5 kilómetros, sin pasar por ninguna subestación eléctrica intermedia.

La longitud de la fibra óptica OPGW se incrementa hasta en un valor del 4% de la longitud total, siendo este incremento la representación del margen de seguridad, tomado en cuenta al momento de realizar el balance de potencias.

En la figura 4.7 se observa el enlace con detalles, componentes y empalmes.

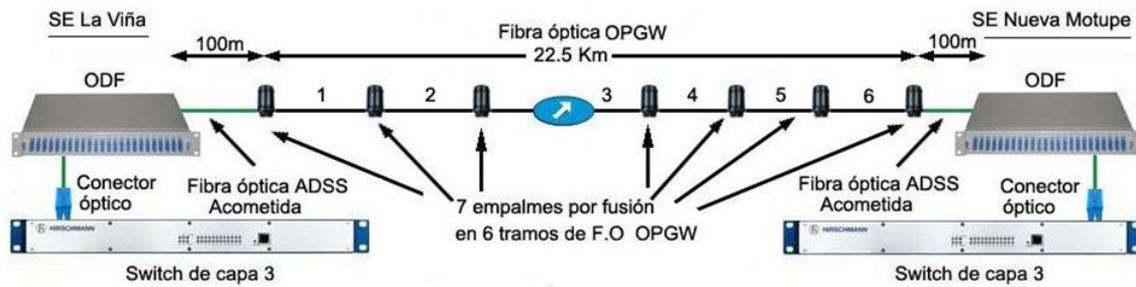


Fig. 4.7: Enlace de fibra óptica OPGW, SE La Viña – SE Nueva Motupe. Fuente [1].

Tal como se muestra en la figura 4.7, la longitud de la acometida es considerada desde el último empalme del enlace de fibra óptica OPGW hacia el distribuidor de fibra óptica ODF ubicado en el tablero de telecomunicaciones de la subestación eléctrica, esta acometida es aplicada tanto para la SE La Viña como para la SE Nueva Motupe.

Para el cálculo de atenuación de la fibra óptica se ha utilizado la segunda ventana de transmisión óptica (1310 nm), esta elección ha sido designada por la longitud media (22.5 Km) de la fibra óptica considerada entre las subestaciones eléctricas La Viña y Nueva Motupe, y cuyo valor de pérdida es de 0.35 dB/km.

La pérdida de potencia en la transmisión óptica a consecuencia de los empalmes de fibra óptica se encuentra en el rango de 0.1 a 0.15 dB. En este enlace de fibra óptica se ha considerado 7 empalmes, cabe mencionar que dentro de este número de empalmes no están considerados los que se encuentran en el distribuidor óptico ODF, así como los conectores ópticos del equipo de telecomunicaciones.

Enlace de fibra óptica OPGW, SE Nueva Motupe – SE Pampa Pañala

La longitud de este enlace de comunicaciones de fibra óptica es similar que de la línea de transmisión en 60 kV consideradas entre dichas subestaciones eléctricas, es decir 26.1 kilómetros, sin pasar por ninguna subestación eléctrica intermedia.

La longitud de la fibra óptica OPGW se incrementa hasta en un valor del 4% de la longitud total, siendo este incremento la representación del margen de seguridad para el balance de potencias.

En la figura 4.8 se observa el enlace con detalles, componentes y empalmes.

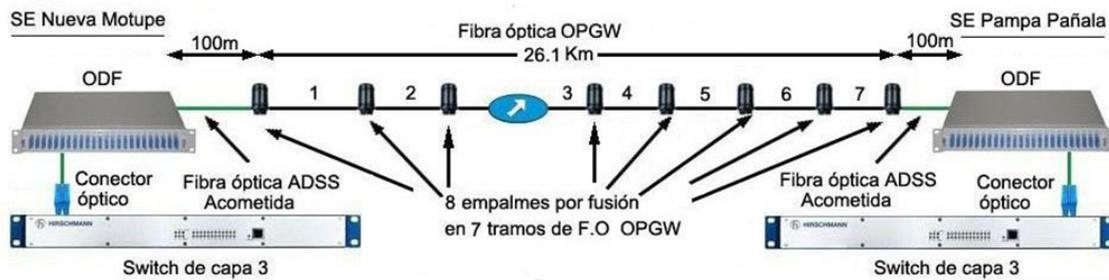


Fig. 4.8: Enlace de Fibra Óptica OPGW, SE Nueva Motupe – SE Pampa Pañala. Fuente [1].

Tal como se muestra en la figura 4.8, la longitud de la acometida es considerada desde el último empalme del enlace de fibra óptica OPGW hacia el distribuidor de fibra óptica ODF ubicado en el tablero de telecomunicaciones de la subestación eléctrica, esta acometida es aplicada tanto para la SE Nueva Motupe como para la SE Pampa Pañala.

Para el cálculo de atenuación en la fibra óptica se ha utilizado la segunda ventana de transmisión óptica (1310 nm), esta elección ha sido designada por la longitud media (26.1 Km) de la fibra óptica considerada entre las subestaciones eléctricas Nueva Motupe y Pampa Pañala, y cuyo valor de pérdida es de 0.35 dB/km.

La pérdida de potencia en la transmisión óptica a consecuencia de los empalmes de fibra óptica se encuentra en el rango de 0.1 a 0.15 dB. En este enlace de fibra óptica se ha considerado 8 empalmes, cabe mencionar que dentro de este número de empalmes no están considerados los que se encuentran en el distribuidor óptico ODF, así como los conectores ópticos del equipo de telecomunicaciones.

Esquemas lógicos.

Los esquemas lógicos permiten modelar los niveles de control y mando a través de la información binaria (ceros y unos), donde los equipos electromecánicos (Interruptor de potencia y seccionador) funcionan de manera apropiada, logrando un buen resultado acorde a su funcionalidad, evitando obtener una información errónea. En las figuras 4.9, 4.10, 4.11, 4.12 y 4.13 se indican los esquemas lógicos para el modelamiento funcional de los equipos electromecánicos.

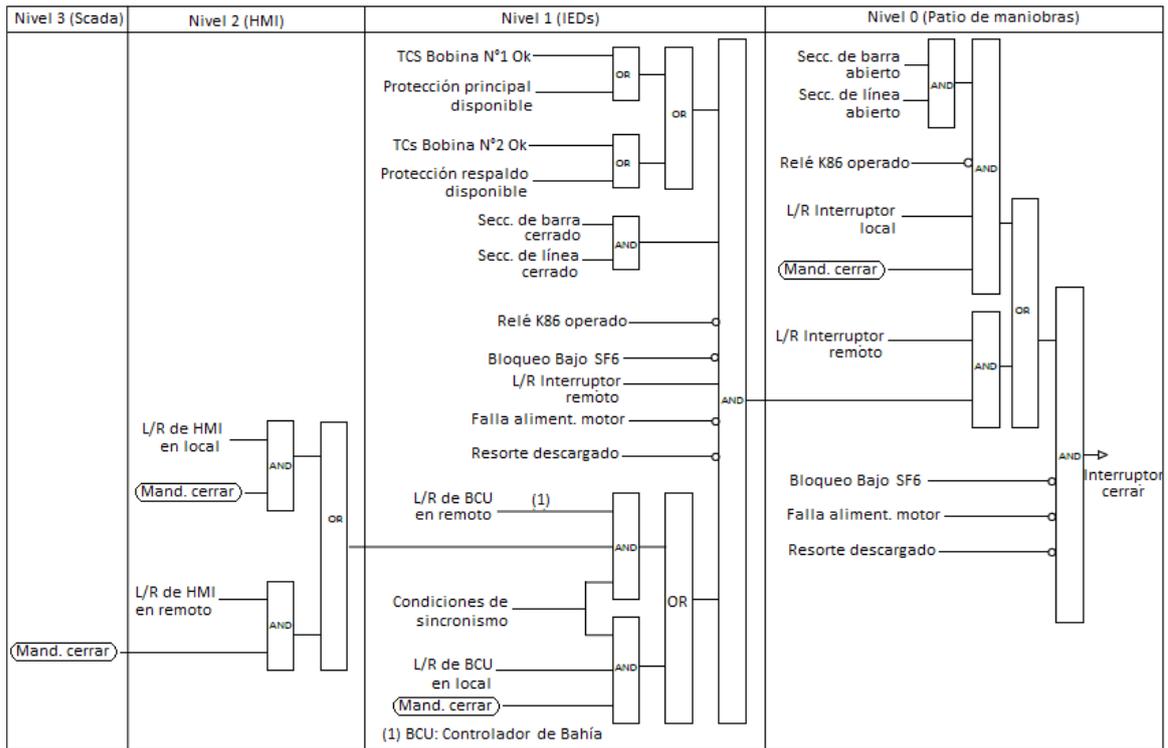


Fig. 4.9: Esquema lógico cierre de interruptor. Fuente [1].

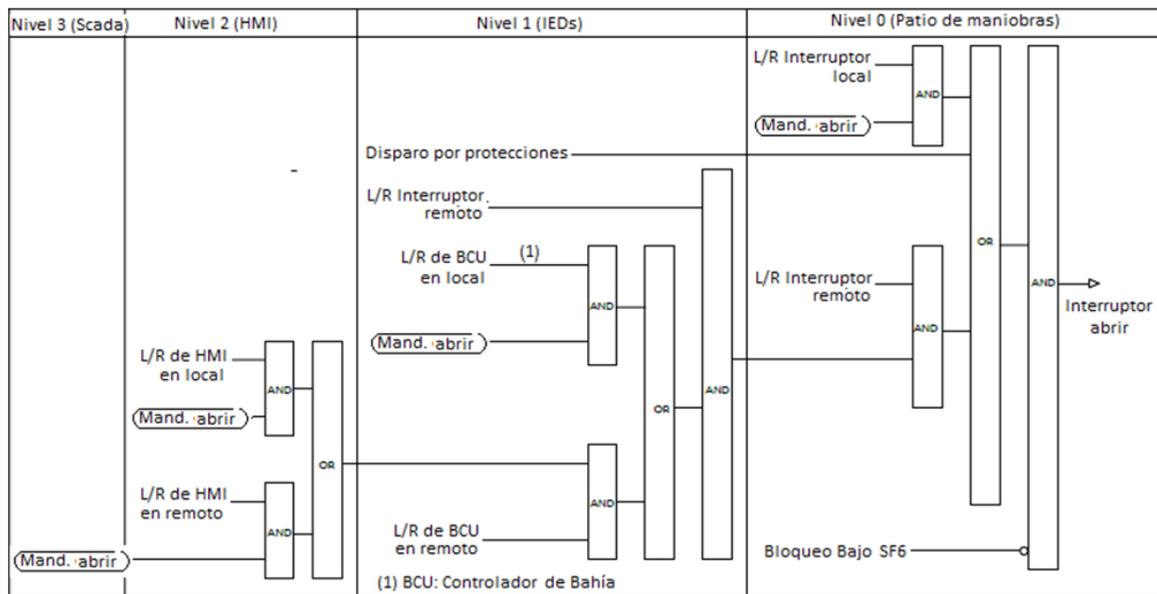


Fig. 4.10: Esquema lógico apertura de interruptor. Fuente [1].

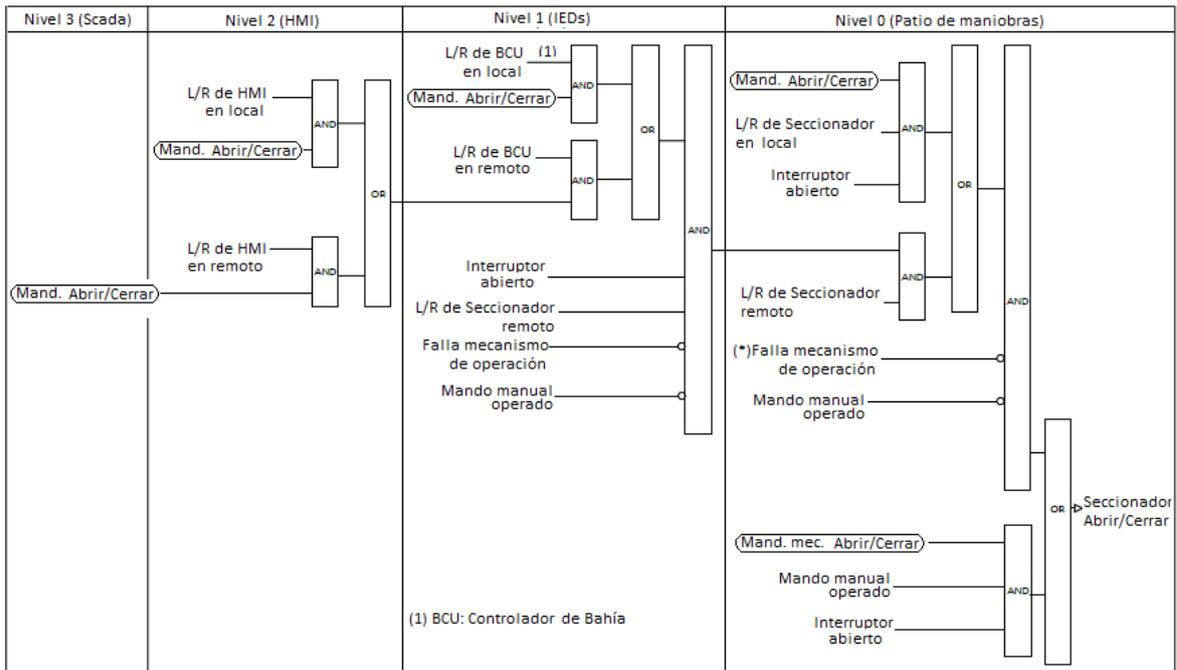


Fig. 4.11: Esquema lógico seccionador de barra. Fuente [1].

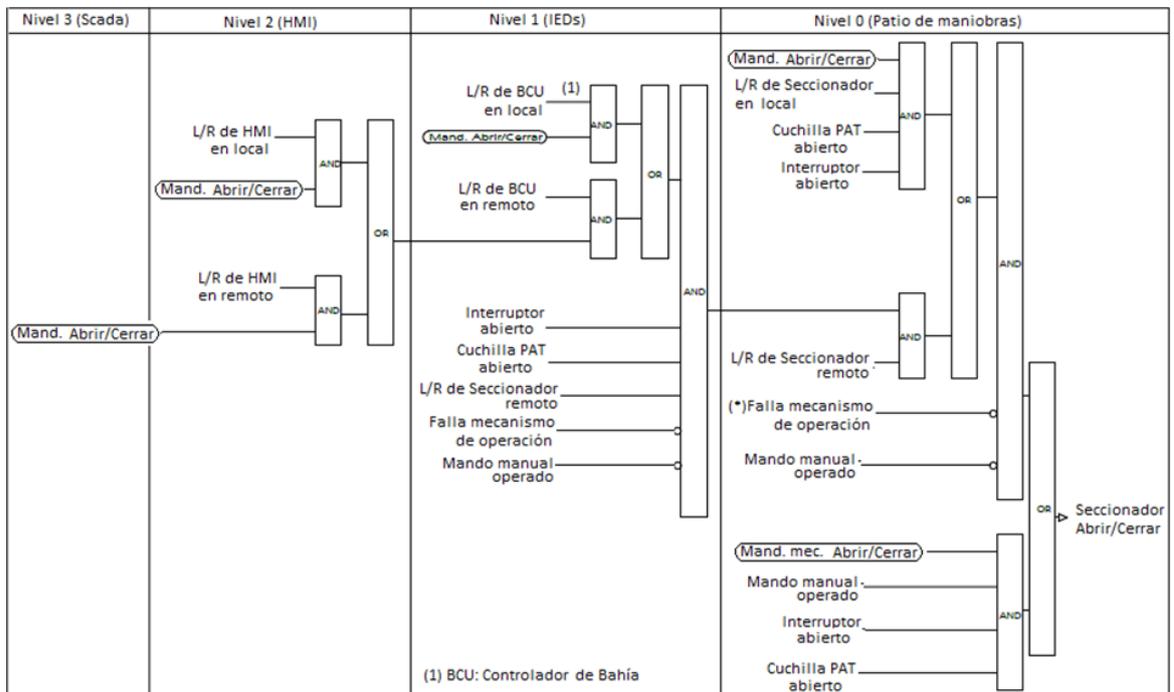


Fig. 4.12: Esquema lógico seccionador de línea. Fuente [1].

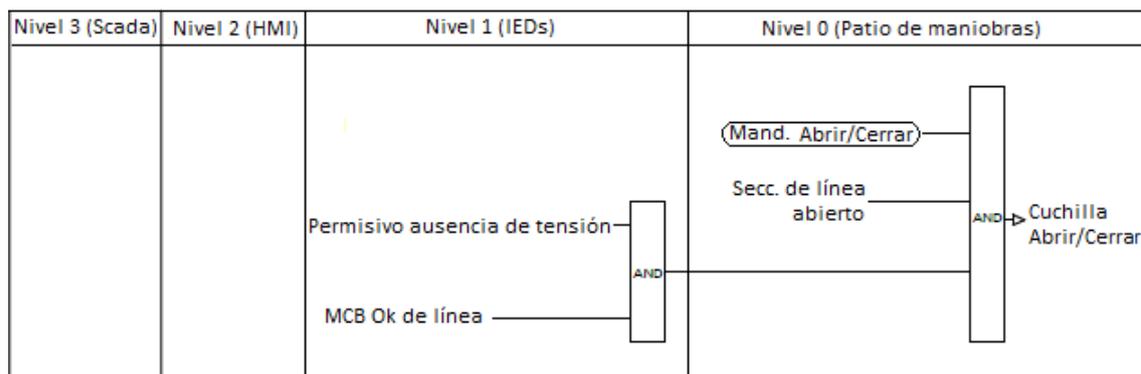


Fig. 4.13: Esquema lógico cuchilla de tierra. Fuente [1].

Filosofía de control, protección y telecomunicaciones para la automatización de las subestaciones La Viña, Nueva Motupe y Pampa Pañala.

Cada subestación ha sido implementada con un equipo RTU (Unidad Terminal Remota), el cual permite recibir las señales de los procesos y enviarlas hacia las subestaciones remotas consideradas en el proyecto, así como al centro de control de Electronorte S.A. mediante los medios de comunicación de fibra óptica y microondas.

Las señales del proceso son conducidas al HMI (interfaz hombre máquina) por medio de tarjetas de entrada/salida en el ordenador, PLC's (Controladores lógicos programables), PACs (Controlador de automatización programable), RTU (Unidades remotas de I/O) y relés de protección; todos estos dispositivos electrónicos tienen una comunicación que entienden al equipo HMI además del registro secuencial de eventos; en las figuras 4.14, 4.17 y 4.23 se muestran los diagramas unifilares.

La función principal de los relés es proteger la línea de transmisión eléctrica mediante equipos electromecánicos bajo condiciones normales o de falla. Para las mediciones se ha tomado en cuenta las señales de tensión y corriente que son llevadas a través de los transformadores de medida hacia los relés, ello tiene la capacidad de mostrar la medida de tensión, corriente, potencia y energía.

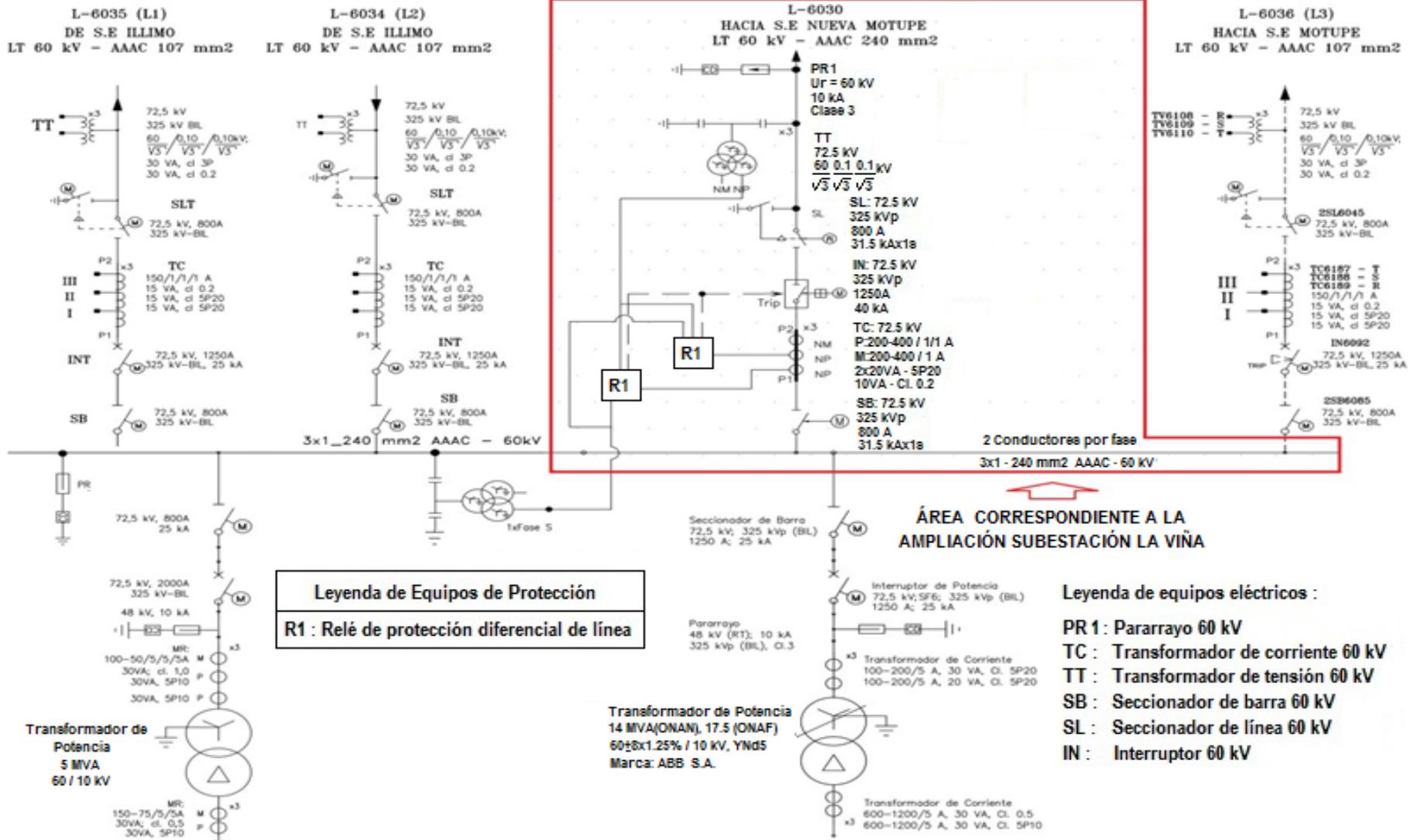


Fig. 4.14: Diagrama unifilar SE La Viña. Fuente [1].

Para el sistema de protección se ha previsto de un esquema redundante en paralelo, conformado por una protección principal y otra de respaldo. El esquema paralelo permite mantener la protección aún en casos de avería o falla en el circuito y de los equipos inherentes a la protección, como se muestran en las figuras 4.15, 4.18 y 4.24 de las arquitecturas de control de las subestaciones La Viña, Nueva Motupe y Pampa Pañala.

El diseño del sistema de protección guarda en principio el mismo criterio que las instalaciones existentes, así mismo se verifica que el diseño y la filosofía de protecciones responden a los criterios de seguridad y confiabilidad de las instalaciones.

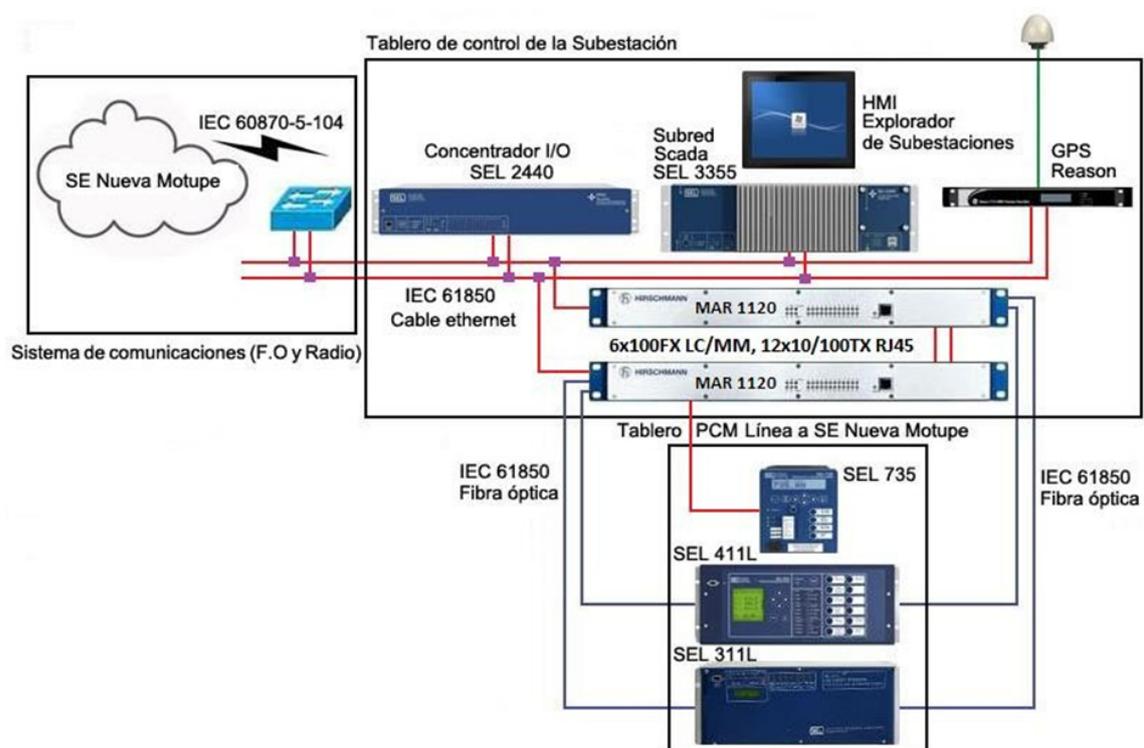


Fig. 4.15: Arquitectura de control, SE La Viña. Fuente [1].

Para la ampliación de la subestación La Viña se ha contemplado el siguiente equipamiento: Tablero de protección de línea (01 Und):

- 01 Relé de protección diferencial de línea, marca: SEL, modelo: 411L
- 01 Relé de protección diferencial de línea, marca: SEL, modelo: 311L
- 01 Medidor de energía marca: SEL, modelo: 735.
- 01 Panel de alarma marca: SEL, modelo: 2523.

Tablero de control (01Unid).

- 02 Switch capa 2, marca: Hirschmann, modelo: MAR1120.
- 01 Servidor Scada, marca: Schweitzer, modelo: SEL 3355.
- 01 Servidor de tiempo, marca: Reason, modelo: RT430
- 01 Concentrador de datos I/O, marca: SEL, modelo: 2440.
- 01 Monitor LCD 17", marca: Advantech, modelo: FPM-2170G-R3AE.
- 01 Software Scada, marca: Subnet Solutions, modelo: Substation Server/Explorer

Tablero de telecomunicaciones (01Unid)

- 02 Router, marca: Hirschmann, modelo: MAR1140.
- 01 Switch capa 2, incluye puerto PoE marca: Hirschmann, modelo: MAR1122.

En la figura 4.16 se muestra los niveles de mando de la bahía de línea hacia SE Nueva Motupe.

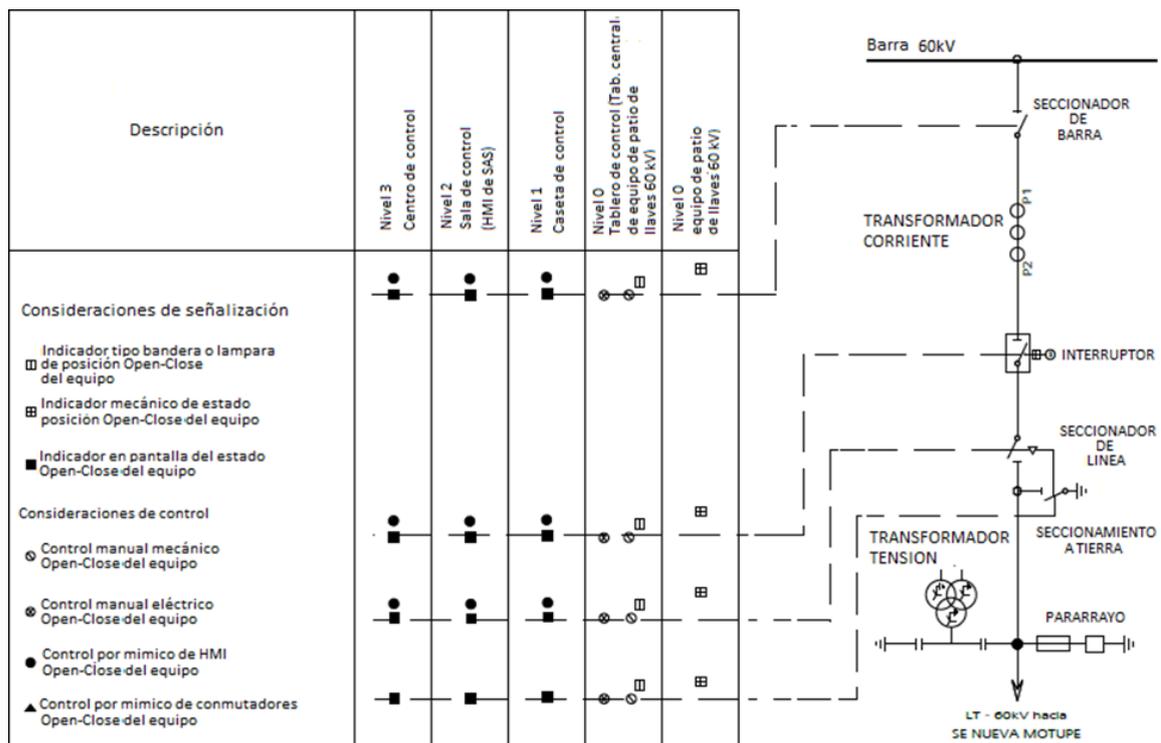


Fig. 4.16: Niveles de mando bahía de línea hacia SE Nueva Motupe. Fuente [1].

En la tabla 4.2 se muestra la secuencia de maniobras para la energización y desenergización de la bahía de línea.

Tabla 4.2: Secuencia de maniobras bahía de línea hacia SE Nueva Motupe. Fuente [1].

Secuencia de maniobras para energización de la bahía de línea						
Inicio	→	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Fin de maniobras
Condiciones iniciales		Abrir	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Condiciones finales
Interruptor	Abierto				X	Cerrado
Secc. Barra	Abierto		X			Cerrado
Secc. Línea	Abierto			X		Cerrado
Secc. Tierra	Cerrado	X				Abierto

Secuencia de maniobras para desenergización de la bahía de línea						
Inicio	→	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Fin de maniobras
Condiciones iniciales		Abrir	Abrir	Abrir	Cerrar	Condiciones finales
Interruptor	Cerrado	X				Abierto
Secc. Barra	Cerrado			X		Abierto
Secc. Línea	Cerrado		X			Abierto
Secc. Tierra	Abierto				X	Cerrado

Las características de los relés para protección de la línea de transmisión 60 kV correspondiente a la subestación Nueva Motupe son:

Protección principal

- Diferencial de línea (87L)
- Distancia de fase y fase –tierra (21/21N)
- Sobrecorriente de fases y fase tierra (50/51, 50N/51N).
- Sobrecorriente direccional de fases y fase tierra (67/67N).
- Sobre y sub tensión (27/59).
- Recierre (79).
- Verificación de sincronismo (25).
- Falla interruptor (50 BF)
- Función de frecuencia (81).
- Localización de fallas
- Registro de eventos.
- Registro de fallas.

Protección de respaldo.

- Distancia fase - fase y fase - tierra (21/21N).
- Sobrecorriente de fases y fase tierra (50/51, 50N/51N).
- Sobre y sub tensión (27/59).
- Recierre (79).
- Verificación de sincronismo (25).
- Frecuencia (81).
- Falla interruptor (50 BF).
- Función de control de bahía.
- Localización de fallas
- Registro de eventos.
- Registro de fallas.

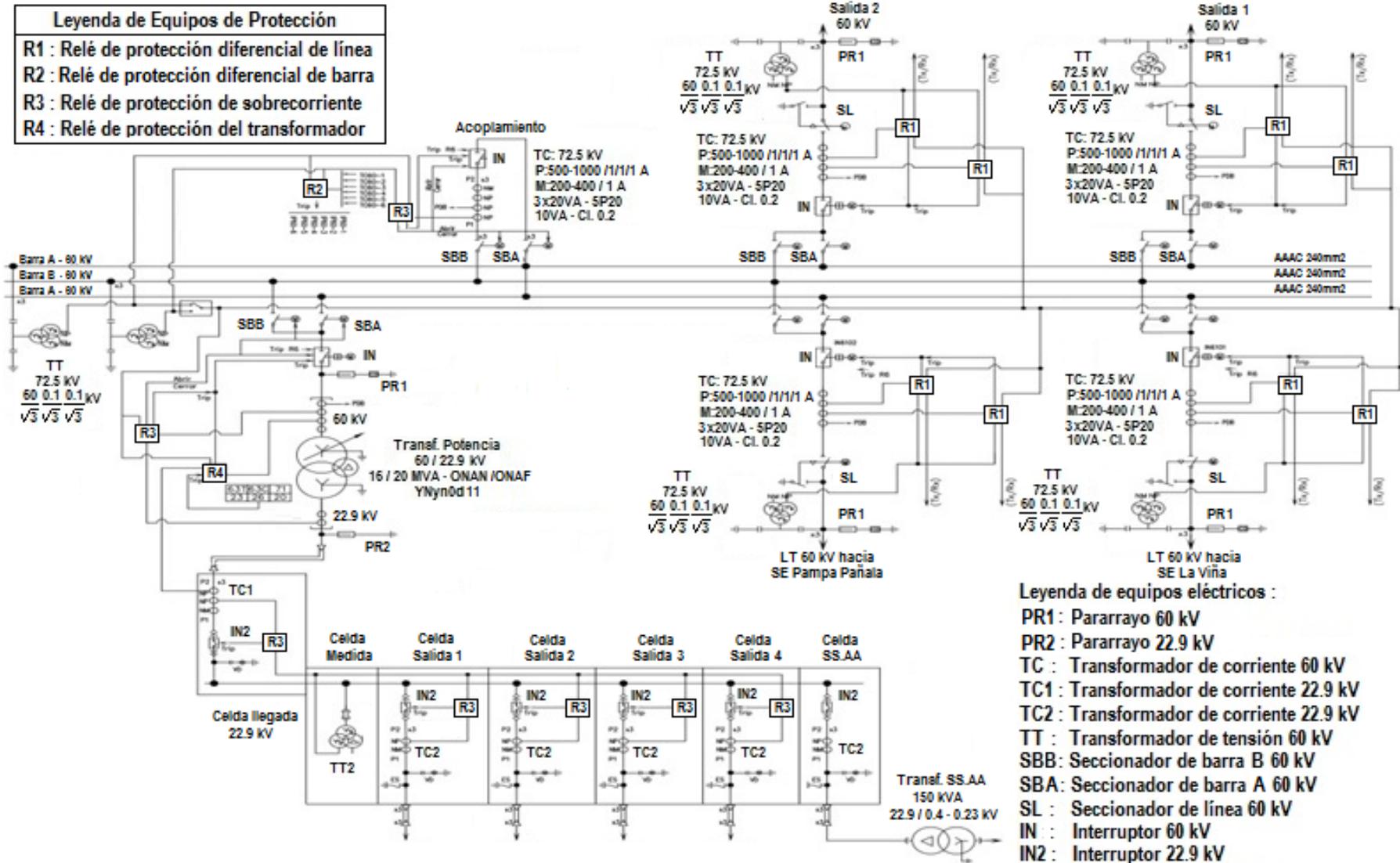


Fig. 4.17: Diagrama unifilar SE Nueva Motupe. Fuente [1].

Tablero de control (01Unid).

- 02 Switch capa 2, marca: Hirschmann, modelo: MAR1120.
- 01 Servidor Scada, marca: Schweitzer, modelo: SEL 3355.
- 01 Servidor de tiempo, marca: Reason, modelo: RT430
- 01 Concentrador de datos I/O Marca: SEL, modelo: 2440.
- 01 Monitor LCD 17", marca: Advantech, modelo: FPM-2170G-R3AE.
- 01 Software Scada, marca: Subnet Solutions, modelo: Substation Server/Explorer

Tablero de telecomunicaciones (01Unid)

- 02 Router, marca: Hirschmann, modelo: MAR1140.
- 01 Switch capa 2, incluye puerto PoE marca: Hirschmann, modelo: MAR1122.

En la figura 4.19 se presenta los niveles de mando de la bahía de línea hacia SE La Viña.

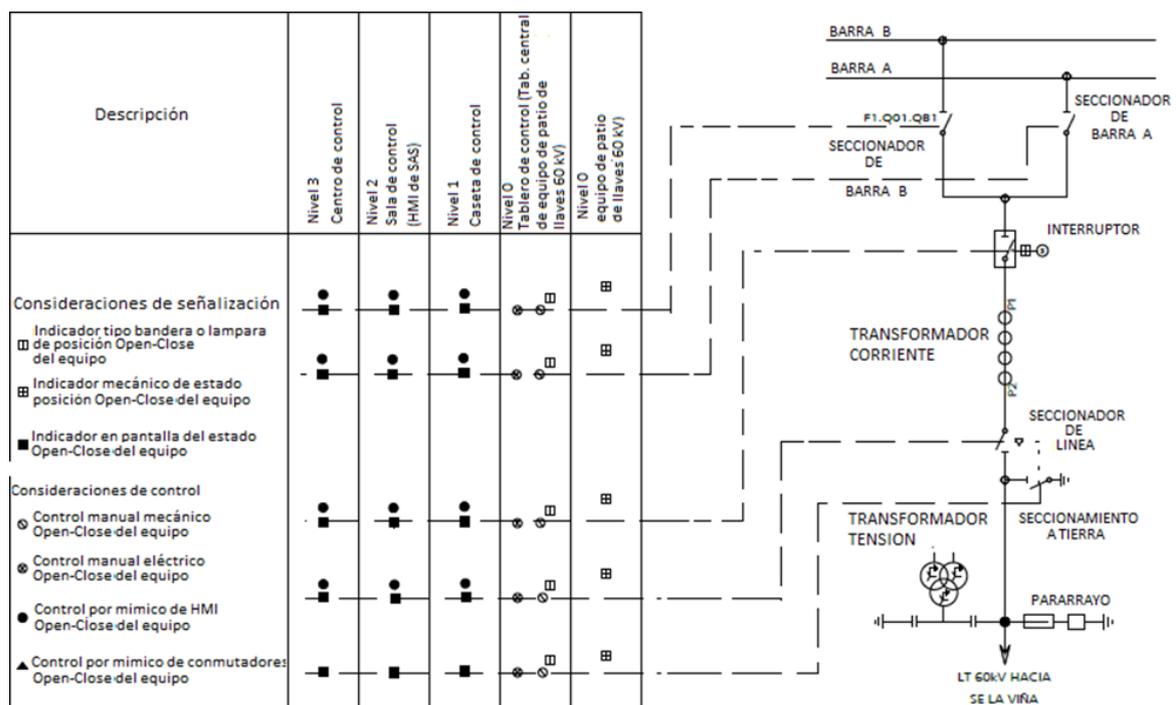


Fig. 4.19: Niveles de mando bahía de línea hacia SE La Viña. Fuente [1].

En la figura 4.20 se presenta los niveles de mando de la bahía de línea hacia SE Pampa Pañala.

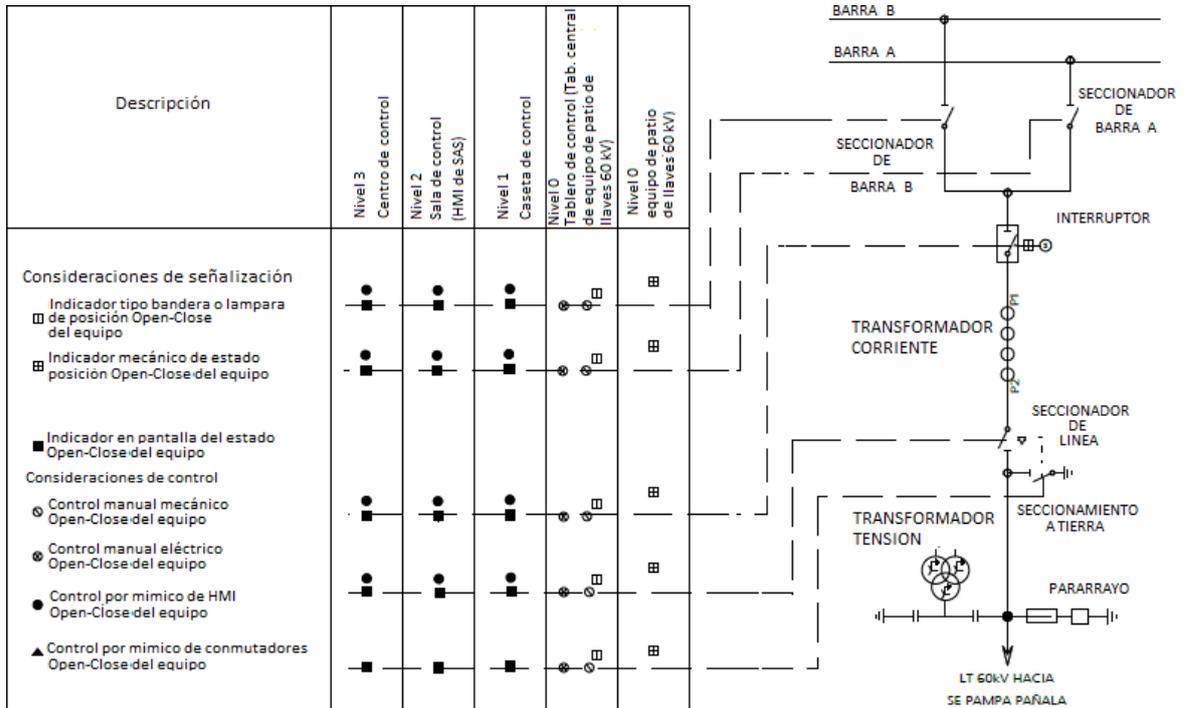


Fig. 4.20: Niveles de mando bahía de línea hacia SE Pampa Pañala. Fuente [1].

En la figura 4.21 se presenta los niveles de mando de la bahía del transformador.

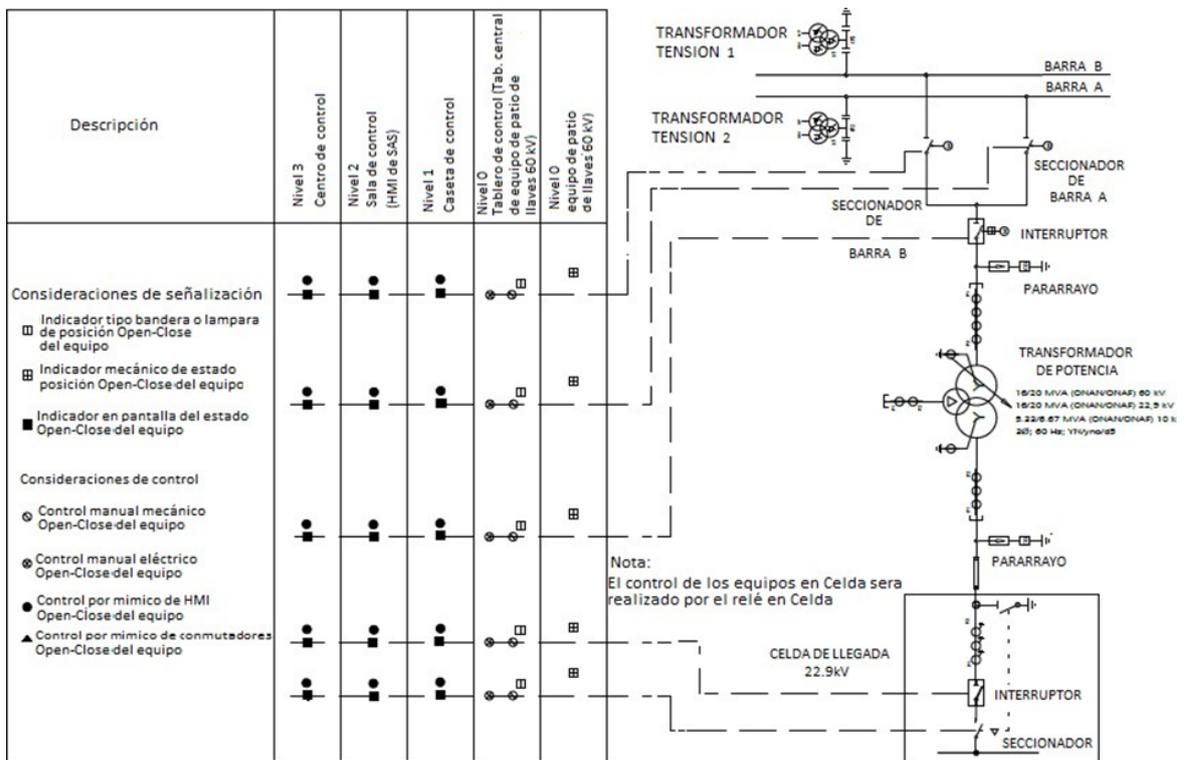


Fig. 4.21: Niveles de mando bahía del transformador 60/22.9 kV. Fuente [1].

En la figura 4.22 se presenta los niveles de mando de la bahía de acople.

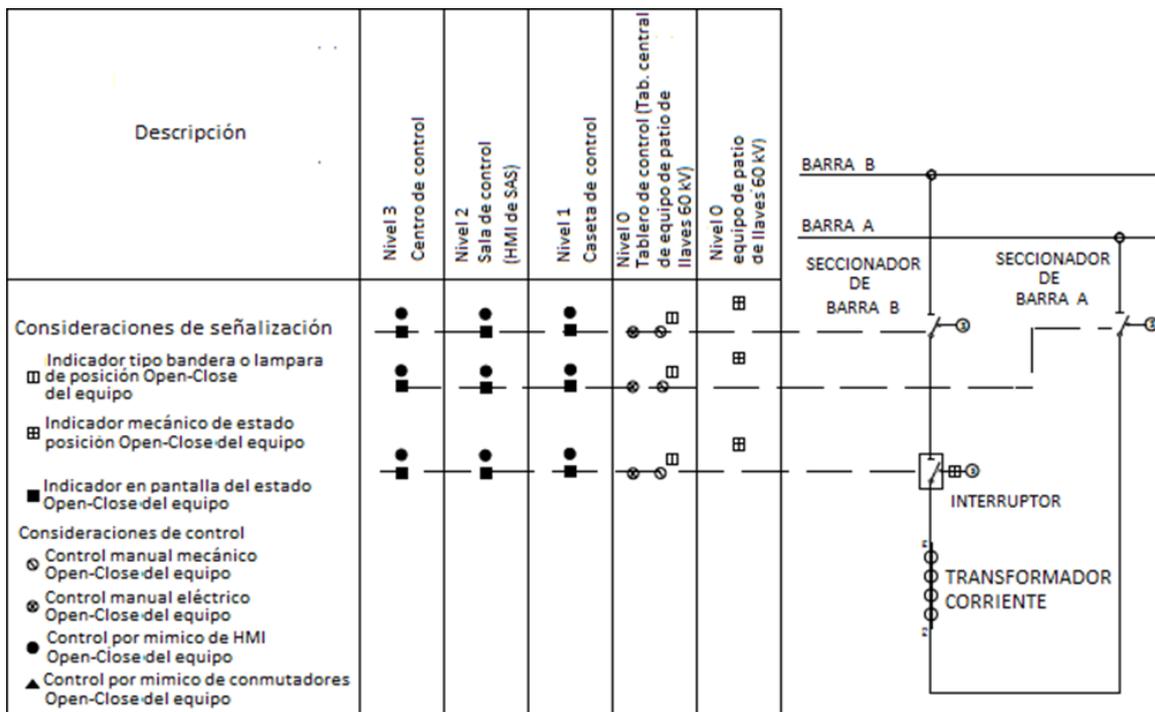


Fig. 4.22: Niveles de mando bahía de acople. Fuente [1].

En la tabla 4.3 se muestra la secuencia de maniobras bahía de línea hacia SE La Viña

Tabla 4.3: Secuencia de maniobras bahía de línea hacia SE La Viña. Fuente [1].

Secuencia de maniobras para energización de la bahía de línea por barra A						
Inicio	→	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Fin de maniobras
Condiciones iniciales		Abrir	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Condiciones finales
Interruptor	Abierto				X	Cerrado
Secc. Barra A	Abierto		X			Cerrado
Secc. Barra B	Abierto					Abierto
Secc. Línea	Abierto			X		Cerrado
Secc. Tierra	Cerrado	X				Abierto

Secuencia de maniobras para energización de la bahía de línea por barra B						
Inicio	→	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Fin de maniobras
Condiciones iniciales		Abrir	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Condiciones finales
Interruptor	Abierto				X	Cerrado
Secc. Barra A	Abierto					Abierto
Secc. Barra B	Abierto		X			Cerrado
Secc. Línea	Abierto			X		Cerrado
Secc. Tierra	Cerrado	X				Abierto

Secuencia de maniobras para desenergización de la bahía de línea por barra A						
Inicio	→	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Fin de maniobras
Condiciones iniciales		Abrir	Abrir	Abrir	Cerrar	Condiciones finales
Interruptor	Cerrado	X				Abierto
Secc. Barra A	Cerrado			X		Abierto
Secc. Barra B	Abierto					Abierto
Secc. Línea	Cerrado		X			Abierto
Secc. Tierra	Abierto				X	Cerrado

Secuencia de maniobras para desenergización de la bahía de línea por barra B						
Inicio	→	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Fin de maniobras
Condiciones iniciales		Abrir	Abrir	Abrir	Cerrar	Condiciones finales
Interruptor	Cerrado	X				Abierto
Secc. Barra A	Abierto					Abierto
Secc. Barra B	Cerrado			X		Abierto
Secc. Línea	Cerrado		X			Abierto
Secc. Tierra	Abierto				X	Cerrado

Secuencia de maniobras para cambio de barras, desde barra A hacia barra B											
	Inicio	→	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Paso N°5	Paso N°6	Paso N°7	Paso N°8	Fin de maniobras
	Condiciones iniciales		Cerrar	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Abrir	Abrir	Abrir	Abrir	Condiciones finales
Bahía de Línea	Interruptor	Cerrado									Cerrado
	Secc. Barra A	Cerrado					X				Abierto
	Secc. Barra B	Abierto				X					Cerrado
	Secc. Línea	Cerrado									Cerrado
	Secc. Tierra	Abierto									Abierto
Bahía de Acople	Interruptor	Abierto			X			X			Abierto
	Secc. Barra A	Abierto	X						X		Abierto
	Secc. Barra B	Abierto		X						X	Abierto

Secuencia de maniobras para cambio de barras, desde barra B hacia barra A										
	Inicio →	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Paso N°5	Paso N°6	Paso N°7	Paso N°8	Fin de maniobras
	Condiciones iniciales	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Abrir	Abrir	Abrir	Abrir	Condiciones finales
Bahía de Línea	Interruptor Cerrado									Cerrado
	Secc. Barra A Abierto				X					Cerrado
	Secc. Barra B Cerrado					X				Abierto
	Secc. Línea Cerrado									Cerrado
	Secc. Tierra Abierto									Abierto
Bahía de Acople	Interruptor Abierto			X			X			Abierto
	Secc. Barra A Abierto	X						X		Abierto
	Secc. Barra B Abierto		X						X	Abierto

En la tabla 4.4 se muestra la secuencia de maniobras bahía de línea hacia SE Pampa Pañala

Tabla 4.4: Secuencia de maniobras bahía de línea hacia SE Pampa Pañala. Fuente [1].

Secuencia de maniobras para energización de la bahía de línea por barra A						
Inicio →	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Fin de maniobras	
Condiciones iniciales	Abrir	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Condiciones finales	
Interruptor Abierto				X	Cerrado	
Secc. Barra A Abierto		X			Cerrado	
Secc. Barra B Abierto					Abierto	
Secc. Línea Abierto			X		Cerrado	
Secc. Tierra Cerrado	X				Abierto	

Secuencia de maniobras para energización de la bahía de línea por barra B						
Inicio →	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Fin de maniobras	
Condiciones iniciales	Abrir	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Condiciones finales	
Interruptor Abierto				X	Cerrado	
Secc. Barra A Abierto					Abierto	
Secc. Barra B Abierto		X			Cerrado	
Secc. Línea Abierto			X		Cerrado	
Secc. Tierra Cerrado	X				Abierto	

Secuencia de maniobras para desenergización de la bahía de línea por barra A					
Inicio →	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Fin de maniobras
Condiciones iniciales	Abrir	Abrir	Abrir	Cerrar	Condiciones finales
Interruptor Cerrado	X				Abierto
Secc. Barra A Cerrado			X		Abierto
Secc. Barra B Abierto					Abierto
Secc. Línea Cerrado		X			Abierto
Secc. Tierra Abierto				X	Cerrado

Secuencia de maniobras para desenergización de la bahía de línea por barra B					
Inicio →	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Fin de maniobras
Condiciones iniciales	Abrir	Abrir	Abrir	Cerrar	Condiciones finales
Interruptor Cerrado	X				Abierto
Secc. Barra A Abierto					Abierto
Secc. Barra B Cerrado			X		Abierto
Secc. Línea Cerrado		X			Abierto
Secc. Tierra Abierto				X	Cerrado

Secuencia de maniobras para cambio de barras, desde barra A hacia barra B										
	Inicio →	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Paso N°5	Paso N°6	Paso N°7	Paso N°8	Fin de maniobras
	Condiciones iniciales	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Abrir	Abrir	Abrir	Abrir	Condiciones finales
Bahía de Línea	Interruptor Cerrado									Cerrado
	Secc. Barra A Cerrado					X				Abierto
	Secc. Barra B Abierto				X					Cerrado
	Secc. Línea Cerrado									Cerrado
	Secc. Tierra Abierto									Abierto
Bahía de Acople	Interruptor Abierto			X			X			Abierto
	Secc. Barra A Abierto	X						X		Abierto
	Secc. Barra B Abierto		X						X	Abierto

Secuencia de maniobras para cambio de barras, desde barra B hacia barra A										
	Inicio →	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Paso N°5	Paso N°6	Paso N°7	Paso N°8	Fin de maniobras
	Condiciones iniciales	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Abrir	Abrir	Abrir	Abrir	Condiciones finales
Bahía de Línea	Interruptor Cerrado									Cerrado
	Secc. Barra A Abierto				X					Cerrado
	Secc. Barra B Cerrado					X				Abierto
	Secc. Línea Cerrado									Cerrado
	Secc. Tierra Abierto									Abierto
Bahía de Acople	Interruptor Abierto			X			X			Abierto
	Secc. Barra A Abierto	X						X		Abierto
	Secc. Barra B Abierto		X						X	Abierto

En la tabla 4.5 se muestra la secuencia de maniobras bahía del transformador 60/22.9 kV

Tabla 4.5: Secuencia de maniobras bahía del transformador 60/22.9 kV. Fuente [1].

Secuencia de maniobras para energización de la bahía del transformador por barra A				
Inicio →	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Fin de maniobras
Condiciones iniciales	Abrir	Cerrar	Cerrar	Condiciones finales
Interruptor Abierto			X	Cerrado
Secc. Barra A Abierto		X		Cerrado
Secc. Barra B Abierto				Abierto
Secc. Tierra Cerrado	X			Abierto

Secuencia de maniobras para energización de la bahía del transformador por barra B				
Inicio →	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Fin de maniobras
Condiciones iniciales	Abrir	Cerrar	Cerrar	Condiciones finales
Interruptor Abierto			X	Cerrado
Secc. Barra A Abierto				Abierto
Secc. Barra B Abierto		X		Cerrado
Secc. Tierra Cerrado	X			Abierto

Secuencia de maniobras para desenergización de la bahía del transformador por barra A				
Inicio →	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Fin de maniobras
Condiciones iniciales	Abrir	Abrir	Cerrar	Condiciones finales
Interruptor Cerrado	X			Abierto
Secc. Barra A Cerrado		X		Abierto
Secc. Barra B Abierto				Abierto
Secc. Tierra Abierto			X	Cerrado

Secuencia de maniobras para desenergización de la bahía del transformador por barra B				
Inicio →	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Fin de maniobras
Condiciones iniciales	Abrir	Abrir	Cerrar	Condiciones finales
Interruptor Cerrado	X			Abierto
Secc. Barra A Abierto				Abierto
Secc. Barra B Cerrado		X		Abierto
Secc. Tierra Abierto			X	Cerrado

Secuencia de maniobras para cambio de barras, desde barra A hacia barra B										
	Inicio →	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Paso N°5	Paso N°6	Paso N°7	Paso N°8	Fin de maniobras
	Condiciones iniciales	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Abrir	Abrir	Abrir	Abrir	Condiciones finales
Bahía de Trafo	Interruptor Cerrado									Cerrado
	Secc. Barra A Cerrado					X				Abierto
	Secc. Tierra Abierto				X					Cerrado
Bahía de Acople	Interruptor Abierto			X			X			Abierto
	Secc. Barra A Abierto	X						X		Abierto
	Secc. Barra B Abierto		X						X	Abierto

Secuencia de maniobras para cambio de barras, desde barra B hacia barra A										
	Inicio →	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Paso N°5	Paso N°6	Paso N°7	Paso N°8	Fin de maniobras
	Condiciones iniciales	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Abrir	Abrir	Abrir	Abrir	Condiciones finales
Bahía de Trafo	Interruptor Cerrado									Cerrado
	Secc. Barra A Abierto				X					Cerrado
	Secc. Tierra Cerrado					X				Abierto
Bahía de Acople	Interruptor Abierto			X			X			Abierto
	Secc. Barra A Abierto	X						X		Abierto
	Secc. Barra B Abierto		X						X	Abierto

En la tabla 4.6 se muestra la secuencia de maniobras bahía de acople.

Tabla 4.6: Secuencia de maniobras bahía de acople. Fuente [1].

Secuencia de maniobras para energización de bahía de acoplamiento					
	Inicio →	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Fin de maniobras
	Condiciones iniciales	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Condiciones finales
Bahía de Acople	Interruptor Abierto	X			Cerrado
	Secc. Barra A Abierto		X		Cerrado
	Secc. Barra B Abierto			X	Cerrado

Secuencia de maniobras para desenergización de bahía de acoplamiento						
	Inicio →		Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Fin de maniobras
	Condiciones iniciales		Abrir	Abrir	Abrir	Condiciones finales
Bahía de Acople	Interruptor	Cerrado	X			Abierto
	Secc. Barra A	Cerrado		X		Abierto
	Secc. Barra B	Cerrado			X	Abierto

Las características de los relés para protección de la línea de transmisión 60 kV correspondiente a las subestaciones La Viña y Pampa Pañala son:

Protección principal.

- Diferencial de línea (87L)
- Distancia de fase y fase –tierra (21/21N)
- Sobrecorriente de fases y fase tierra (50/51, 50N/51N).
- Sobrecorriente direccional de fases y fase tierra (67/67N)
- Sobre y sub tensión (27/59)
- Sobre carga (49)
- Falla interruptor (50 BF)
- Función de frecuencia (81).
- Registro de fallas.
- Registro de eventos.
- Localización de fallas.
- Oscilografía de datos (De ondas monitoreadas).

Protección de respaldo.

- Distancia de fase y fase –tierra (21/21N)
- Sobrecorriente direccional de fases y fase tierra (67/67N)
- Sobrecorriente de fases y fase tierra (50/51, 50/51N).
- Sobre y sub tensión (27/59)
- Recierre (79)
- Verificación de sincronismo (25)
- Falla interruptor (50 BF)
- Función de frecuencia (81).
- Disparo y bloqueo (86)
- Registro de fallas.
- Registro de eventos.
- Localización de fallas.
- Oscilografía de datos (De ondas monitoreadas).

Protección de barras en 60 kV.

En la subestación Nueva Motupe 60/22.9 kV se ha implementado un sistema de protección diferencial de barras del tipo centralizado. La cual contiene las siguientes funciones:

- Diferencial de barras (87B).
- Falla interruptor (50BF).
- Funciones de control de bahía de acoplamiento en panel mímico.
- Sistema anunciador de alarma con bocina sonora.

Protección del transformadores de potencia 60/22,9 kV

La protección del transformador de potencia presenta las siguientes funciones de protección: Protección Principal.

- Diferencial de Transformación (87T)
- Sobrecorriente de fases y fase tierra (50/51, 50/51N).
- Falla de interruptor (50BF)
- Disparo y bloqueo (86)
- Registro de fallas.
- Registro de eventos.
- Oscilografía de datos (De ondas monitoreadas).

Protección Externa de Respaldo.

- Sobrecorriente de fases y fase tierra (50/51, 50/51N).
- Falla de interruptor (50BF)
- Verificación de sincronismo (25)
- Frecuencia (81)
- Sobre corriente direccional (67/67N).
- Funciones de control

Protección propia del transformador de potencia

Conjuntamente con el transformador de potencia se ha proveído los siguientes dispositivos de protección:

Relé Buchholz (80T): El transformador se encuentra equipado con un relé Buchholz para protección contra fallas en la cuba principal; es del tipo antisísmico, de doble flotador, con dos juegos de contactos independientes para alarma y disparo.

Relé de flujo (80C): El suministro del transformador incluye un relé de flujo para protección contra fallas en la cuba del conmutador bajo carga.

Temperatura de aceite (26): La unidad de medición de temperatura del aceite permite monitorear el incremento de temperatura del aceite proporcionando señales de alarma y disparo por sobrettemperatura. Adicionalmente este equipo presenta contactos adecuados para gobernar el arranque y parada de ventiladores.

Relé de imagen térmica (49): Dispositivo que monitorea la temperatura de los devanados del transformador, con capacidad de alarma y disparo. Igualmente tiene la capacidad para gobernar el arranque y parada de los ventiladores del transformador.

Relé de presión súbita (63): Dispositivo que proporciona alarma y disparo por variación brusca de presión debido a algún desperfecto o falla interna en el transformador.

Válvula de alivio de presión: Dispositivo que proporciona una ruta para la eliminación de gases y aceite a alta presión cuando se produce algún desperfecto o falla interna en el transformador.

Indicador de Nivel de aceite (71): Dispositivo que proporciona señal de alarma y disparo cuando el nivel de aceite en el transformador supere los rangos establecidos por el fabricante.

Protección del sistema de barras, lado 22.9 kV

Para la protección del sistema de barras en 22.9 kV (Celdas), se ha utilizado relés de tipo multifunción con funciones de sobrecorriente, siendo también utilizado como respaldo para la protección del transformador de potencia.

Protección de circuitos en 22.9 kV

Para los circuitos de tensión en 22.9 kV se ha utilizado un relé de protección principal con las siguientes funciones de protección:

- Sobrecorriente de fases y fase tierra (50/51, 50/51N).
- Sobrecorriente a tierra direccional (67N).
- Sobre y sub tensión (27/59).
- Verificación de sincronismo (25)
- Falla de interruptor (50BF)
- Secuencia negativa (46)
- Sobrecarga térmica (48)
- Protección de frecuencia (81) con ocho etapas.
- Funciones de control.
- Registro de eventos.

Legenda de Equipos de Protección
R1 : Relé de protección diferencial de línea
R2 : Relé de protección de sobrecorriente
R3 : Relé de protección del transformador

Legenda de equipos eléctricos :

- PR 1: Pararrayo 60 kV
- PR 2: Pararrayo 22.9 kV
- TC : Transformador de corriente 60 kV
- TC1 : Transformador de corriente 22.9 kV
- TC2 : Transformador de corriente 22.9 kV
- TT : Transformador de tensión 60 kV
- SB : Seccionador de barra 60 kV
- SL : Seccionador de línea 60 kV
- IN : Interruptor 60 kV
- IN2 : Interruptor 22.9 kV

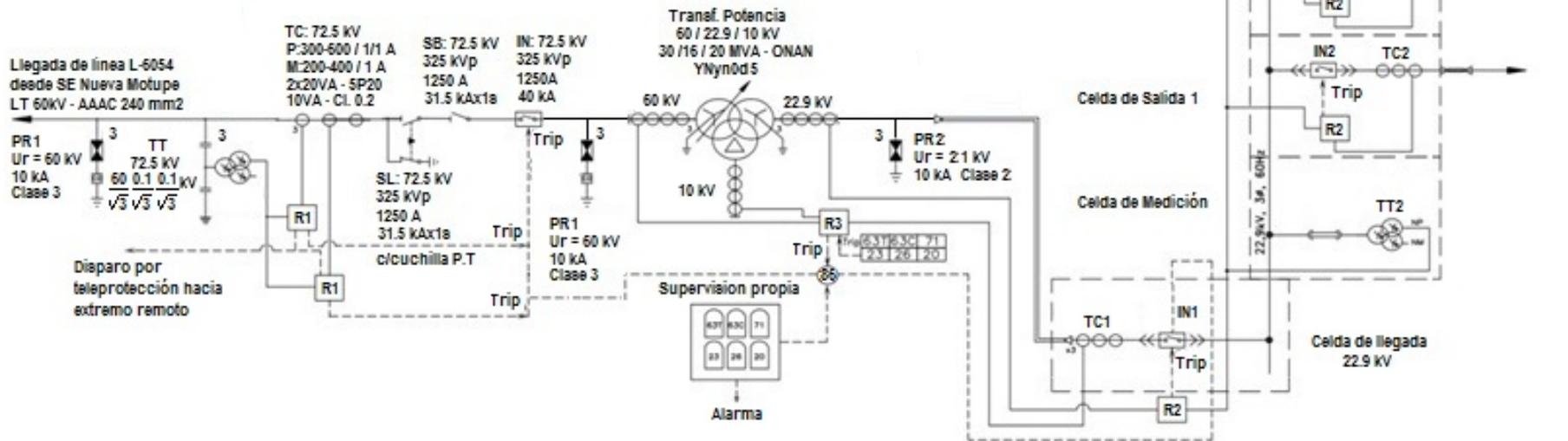


Fig. 4.23: Diagrama unifilar SE Pampa Pañala. Fuente [1].

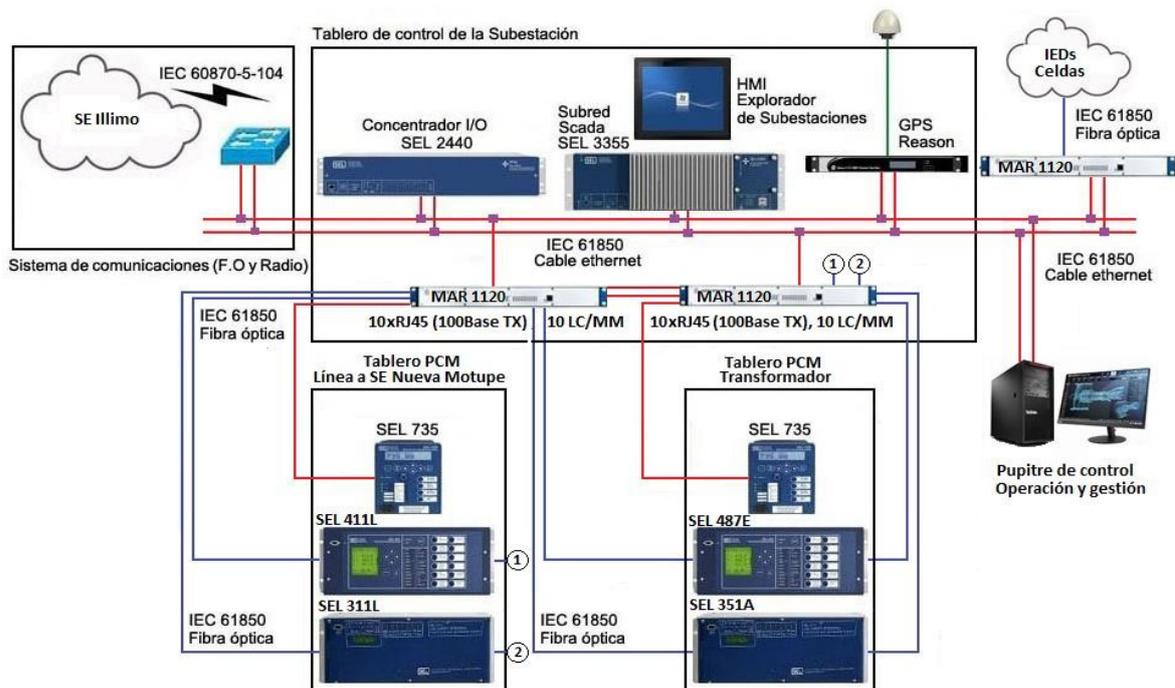


Fig. 4.24: Arquitectura de control SE Pampa Pañala. Fuente [1].

Para la subestación Pampa Pañala se ha contemplado el siguiente equipamiento:

Tablero de protección de línea (01 Unid):

- 01 Relé de protección diferencial de línea, marca: SEL, modelo: 411L
- 01 Relé de protección diferencial de línea, marca: SEL, modelo: 311L
- 01 Medidor de energía, marca: SEL, modelo: 735.
- 01 Panel de alarma, marca: SEL, modelo: 2523.

Tablero de protección transformador (01 Unid):

- 01 Relé de protección diferencial de transformador, marca: SEL, modelo: 487E
- 01 Relé de protección sobrecorriente, marca: SEL, modelo: 351A
- 01 Panel de alarma, marca: SEL, modelo: 2523.
- 01 Switch capa 2, marca: Hirschmann, modelo: MAR 1120.

Tablero de control (01 Unid).

- 02 Switch capa 2, marca: Hirschmann, modelo: MAR1120.
- 01 Servidor Scada, marca: Schweitzer, modelo: SEL 3355.
- 01 Servidor de tiempo, marca: Reason, modelo: RT430
- 01 Concentrador de datos I/O, marca: SEL, modelo: 2440.
- 01 Monitor LCD 17", marca: Advantech, modelo: FPM-2170G-R3AE.
- 01 Software Scada, marca: Subnet Solutions, modelo: Substation Server/Explorer.

Tablero de telecomunicaciones (01 Unid).

- 02 Router, marca: Hirschmann, modelo: MAR1140.
- 01 Switch capa 2, incluye puerto PoE marca: Hirschmann, modelo: MAR1122.

En la figura 4.25 se muestra los niveles de mando de la bahía de línea hacia SE Nueva Motupe.

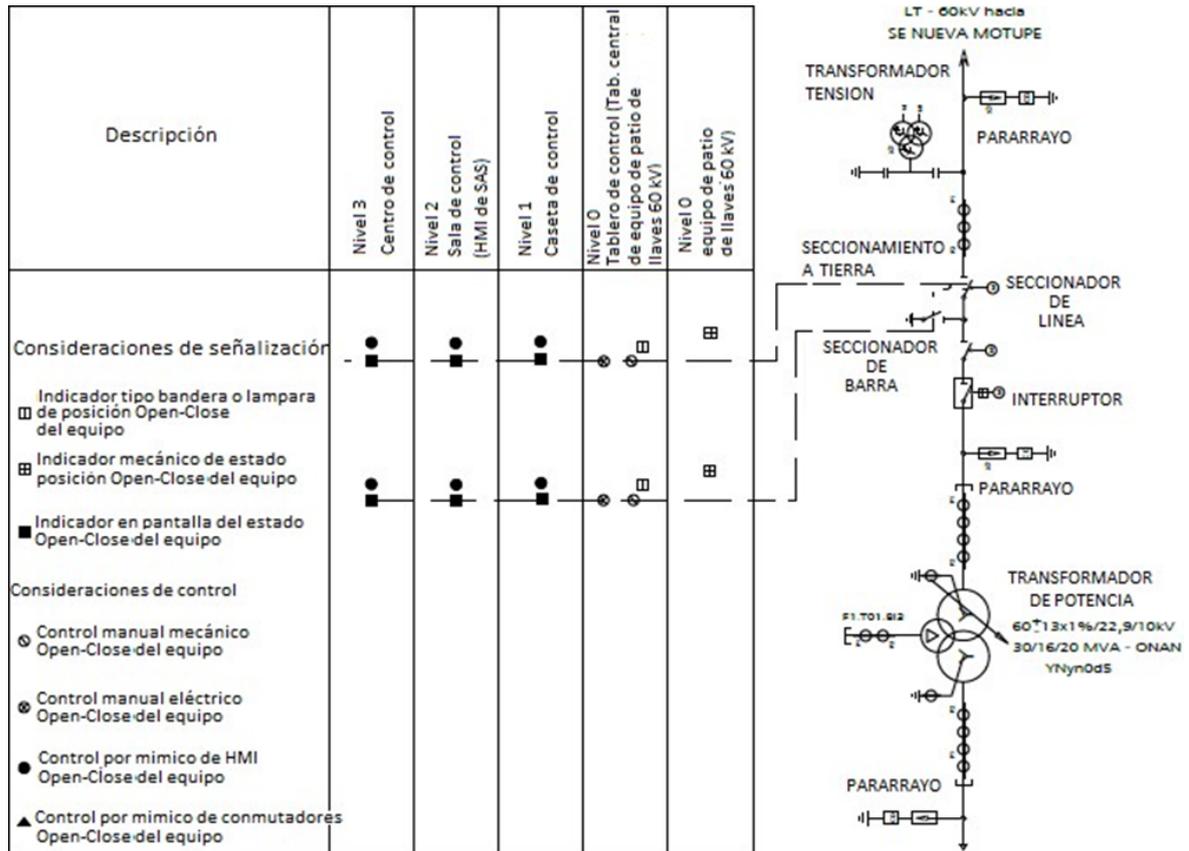


Fig. 4.25: Niveles de mando bahía de línea hacia SE Nueva Motupe. Fuente [1].

En la figura 4.26 se muestra los niveles de mando de celdas de media tensión.

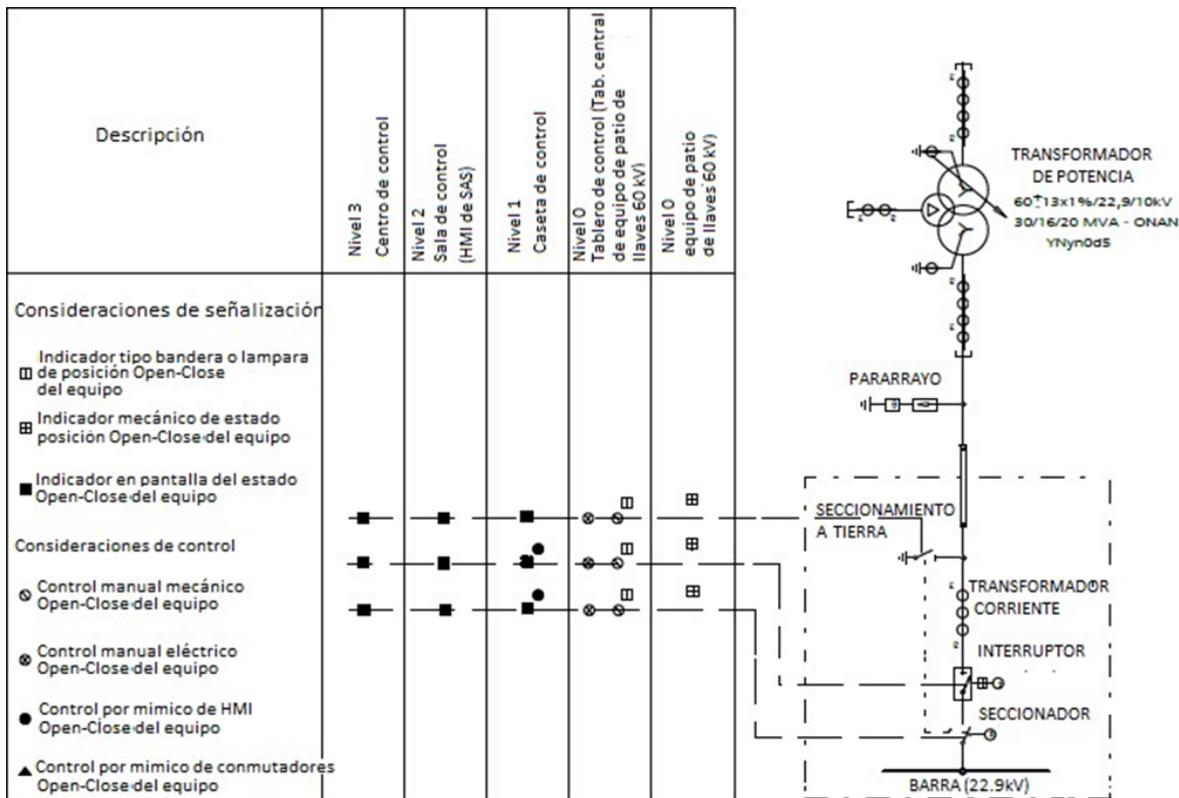


Fig. 4.26: Niveles de mando de celdas de media tensión. Fuente [1].

En la tabla 4.7 se muestra las secuencias de maniobras bahía de línea y transformador de potencia.

Tabla 4.7: Secuencia de maniobras bahía de línea y transformador de potencia. Fuente [1].

Secuencia de maniobra para energización de la bahía del transformador							
Inicio	→	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Paso N°5	Fin de maniobras
Condiciones iniciales		Abrir	Abrir	Cerrar	Cerrar	Cerrar	Condiciones finales
Interruptor	Abierto					X	Cerrado
Secc. Barra	Abierto			X			Cerrado
Secc. Línea	Abierto				X		Cerrado
Secc. Tierra 1	Cerrado		X				Abierto
Secc. Tierra 2	Cerrado	X					Abierto

Secuencia de maniobra para desenergización de la bahía del transformador						
Inicio →	Paso N°1	Paso N°2	Paso N°3	Paso N°4	Paso N°5	Fin de maniobras
Condiciones iniciales	Abrir	Abrir	Abrir	Cerrar	Cerrar	Condiciones finales
Interruptor Cerrado	X					Abierto
Secc. Barra Cerrado			X			Abierto
Secc. Línea Cerrado		X				Abierto
Secc. Tierra 1 Abierto				X		Cerrado
Secc. Tierra 2 Abierto					X	Cerrado

Las características de los relés para protección de la línea de transmisión 60 kV correspondiente a la subestación Nueva Motupe son:

Protección principal

- Diferencial de línea (87L)
- Distancia de fase y fase –tierra (21/21N)
- Sobrecorriente direccional de fases y fase tierra (67/67N)
- Sobrecorriente de fases y fase tierra (50/51, 50/51N).
- Sobre y sub tensión (27/59)
- Recierre (79)
- Verificación de sincronismo (25)
- Falla interruptor (50 BF)
- Función de frecuencia (81).
- Registro de fallas.
- Registro de eventos.
- Localización de fallas.
- Oscilografía de datos (De ondas monitoreadas).

Protección de respaldo

- Distancia de fase y fase –tierra (21/21N)
- Sobrecorriente direccional de fases y fase tierra (67/67N)
- Sobrecorriente de fases y fase tierra (50/51, 50/51N).
- Sobre y sub tensión (27/59)
- Recierre (79)
- Verificación de sincronismo (25)
- Falla interruptor (50 BF)
- Función de frecuencia (81).
- Disparo y bloqueo (86)
- Registro de fallas.
- Registro de eventos.
- Localización de fallas.
- Oscilografía de datos (De ondas monitoreadas).

Características del sistema de control

El sistema de control de la subestación implementada en conjunto con el equipo RTU presenta las siguientes características básicas:

- La información recolectada por las unidades controladoras de bahía, relés digitales y medidores de energía, para el control de la subestación, así como las señales análogas, discretas de la subestación y demás información disponible, que no puedan ser recolectadas por las unidades de control de bahía ingresan al equipo RTU utilizando tarjetas de entradas análogas y digitales correspondientes.
- Toda esta información permite ejercer las lógicas de funcionamiento para el mando en las instalaciones implementadas de ambas subestaciones con total seguridad.
- Todo el sistema de control está diseñado para la operación de los equipos de alta y media tensión (60 y 22.9 kV respectivamente), de acuerdo a la siguiente jerarquía de control:

Nivel 0.- Denominado también como nivel de campo. Este nivel realiza la operación de los equipos de alta tensión desde su propia caja de mando.

Nivel 1.- Denominado también como nivel de bahía. Este nivel realiza la operación de los equipos de alta tensión desde los controladores de bahía, en la cual ha sido implementada todas las lógicas de interbloqueo.

Nivel 2.- Denominado también como nivel de subestación. Este nivel envía señales a través del sistema SCADA de cada subestación, desde donde se podrá realizar las operaciones de los equipos de alta tensión 60 kV.

Nivel 3.- Denominado también como nivel del centro de control. La función del centro de control es monitorear y controlar todos los sistemas de automatización de las subestaciones eléctricas desde el centro de control de Electronorte S.A. Los datos se envían en protocolo IEC60870-5-104 y/o DNP3.

Bajo este esquema se respeta la prioridad de operación desde el nivel inferior al superior, para lo cual se cuenta con información de los selectores de posición local – distancia y local – remoto correspondientes.

La secuencia de mando comienza desde los niveles superiores ya que estos niveles ofrecen mayor seguridad de operación (enclavamientos para operación segura), es decir toda acción de mando debe ejecutarse en primer lugar desde el nivel 3 (Centro de control de Electronorte S.A. ubicado en la ciudad de Chiclayo), en segundo lugar, el nivel 2 (desde el equipo HMI), luego el nivel 1 (Controladores de bahía), la última alternativa de mando es el nivel 0 ó control local de los mismos equipos.

El equipo RTU transmite datos al centro de control de Electronorte S.A. a través de los protocolos: IEC 870-5-101, IEC 870-5-104.

El intercambio de datos entre los diferentes equipos electrónicos inteligentes IED's que son componentes del sistema de protección, del sistema de control existente y de las nuevas instalaciones con el equipo RTU también se realiza mediante protocolos que permiten tener el estampado de tiempo, con precisión al milisegundo. Entre los protocolos disponibles para la comunicación en el sistema de control de la subestación con los IED's, se tiene:

- DNP 3
- IEC 870-5-103

Finalmente, el medio de comunicación entre los IED's y el equipo RTU correspondiente a cada subestación es mediante un lazo de fibra óptica (anillo), en principio bajo protocolo IEC 61850; para IED's que manejan otros protocolos de comunicación también se emplean lazos de tipo Ethernet ópticos.

Sistema de automatización

El sistema de automatización de subestaciones eléctricas para el presente proyecto son completamente compatibles con el estándar IEC61850 (comunicación vertical cliente - servidor MMS y comunicación horizontal GOOSE para aumentar la confiabilidad del sistema de protección y control), lo que permite el intercambio de información a través de la red sin ninguna limitación (Interoperatividad, pruebas reales multimarca en Congreso CIGRÉ y experiencia internacional), de forma transparente y a altas velocidades. El sistema de automatización se caracteriza por ser de fácil mantenimiento, expansión y alta disponibilidad de las redes de control en las subestaciones.

En las tres subestaciones eléctricas se utiliza como plataforma de comunicaciones el sistema SCADA, con switches industriales de capa 2 y routers de la marca Hirschmann diseñados para aplicaciones en subestaciones eléctricas (con certificaciones IEC61850-3 e IEEE1613).

Las conexiones de red en los relés de protección y control han sido realizadas mediante patchcords de fibra óptica multimodo (para evitar problemas debido a inducciones electromagnéticas) y los medidores mediante cables de red FTP Cat. 6A.

Para cada subestación eléctrica del proyecto se ha suministrado un servidor SCADA y un Software SCADA, el cual son los encargados de adquirir todas las señales de los relés de protección y control bajo el protocolo IEC61850 (u otro protocolo ampliamente utilizado en sistemas eléctricos como DNP3 y/o Modbus) y enviarlas en protocolo IEC 60870-5-104 o DNP3.0 al centro de control de Electronorte S.A. El sistema SCADA cuenta con funciones de PLC para crear lógicas de automatismo, con equipo HMI embebido para la supervisión y control de las bahías en mención de forma amigable sobre un monitor Touchscreen de 17 pulgadas, marca Advantech, modelo FPM-2170G e instalado sobre un computador industrial para subestaciones.

Sincronización de tiempo

En los sistemas de control de las subestaciones eléctricas el tema de estampa de tiempo es crítico por temas de operación, análisis y mantenimiento eficiente del sistema eléctrico. Asimismo, según la norma técnica para el intercambio de información en tiempo real para la operación del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), emitido por el COES, cada señal debe ser emitida con su estampado de tiempo del equipo de origen. Para asegurar la confiabilidad de estampado de tiempo (en el orden de los milisegundos) del sistema eléctrico, se ha suministrado un equipo GPS de modelo RT430 y marca Reason para el estampado de tiempo de todos los equipos electrónicos suministrados.

Concentrador de señales cableadas

Para cada subestación se ha considerado un módulo de adquisición de datos modelo SEL-2440 DPAC marca SEL con 32 entradas y 16 salidas físicas para la adquisición de señales cableadas referidas a las fallas internas, falla MCBs, etc (todo lo que no se puede integrar por protocolo de comunicación).

Interfaz Hombre Maquina (HMI)

Interfaz entre el proceso y los operadores, básicamente un panel del operador. Es la herramienta principal que proporciona capacidades SCADA e información gráfica que permite mejorar las operaciones y el mantenimiento, e incrementar la eficiencia a nivel de subestación.

Funcionalidades

El equipo o panel HMI instalado en las subestaciones La Viña, Nueva Motupe y Pampa Pañala tiene como objeto ser una herramienta de supervisión y mando que cuenta con las siguientes funcionalidades:

- Provee diferentes tipos de usuarios y contraseñas configurables con varios tipos de seguridad y operación. Ejemplo: Control, monitoreo, etc.
- Todos los mandos han sido configurados como mandos Select Before Execute, es decir, serán mandos con confirmación para evitar maniobras indebidas.
- Los despliegues tienen la opción de visualización de la lógica de interbloqueos, tal y como está implementada en el controlador de bahía para cada equipo de maniobra.
- Cuenta con despliegues por subestación y por bahía, tal como se muestra en la figura 4.27. El sistema cuenta con una supervisión total de alarmas, señales de protecciones, mediciones en tiempo real, las cuales se muestran de forma ordenada y clara en los despliegues de las bahías y en el consolidado histórico general. Las alarmas pueden notificarse mediante ventanas pop-ups (ventana nueva que aparece de repente en la pantalla del ordenador) o alarmas sonoras para reconocimiento del operador.
- Se cuenta con un despliegue de la Red LAN con el estado de cada uno de los equipos que comprenden el proyecto y la correspondiente alarma ante la falla de uno de ellos.
- Los diagramas unifilares generales, por subestación y por bahía presentan un coloreo dinámico de topología según estado de conexión y el nivel de tensión correspondiente.

- El sistema HMI es amigable para la configuración de lógicas y secuencias automáticas de futuras aplicaciones (Ejemplo: Regulación automática, esquema de control de reactores, cambio de barras, etc.).

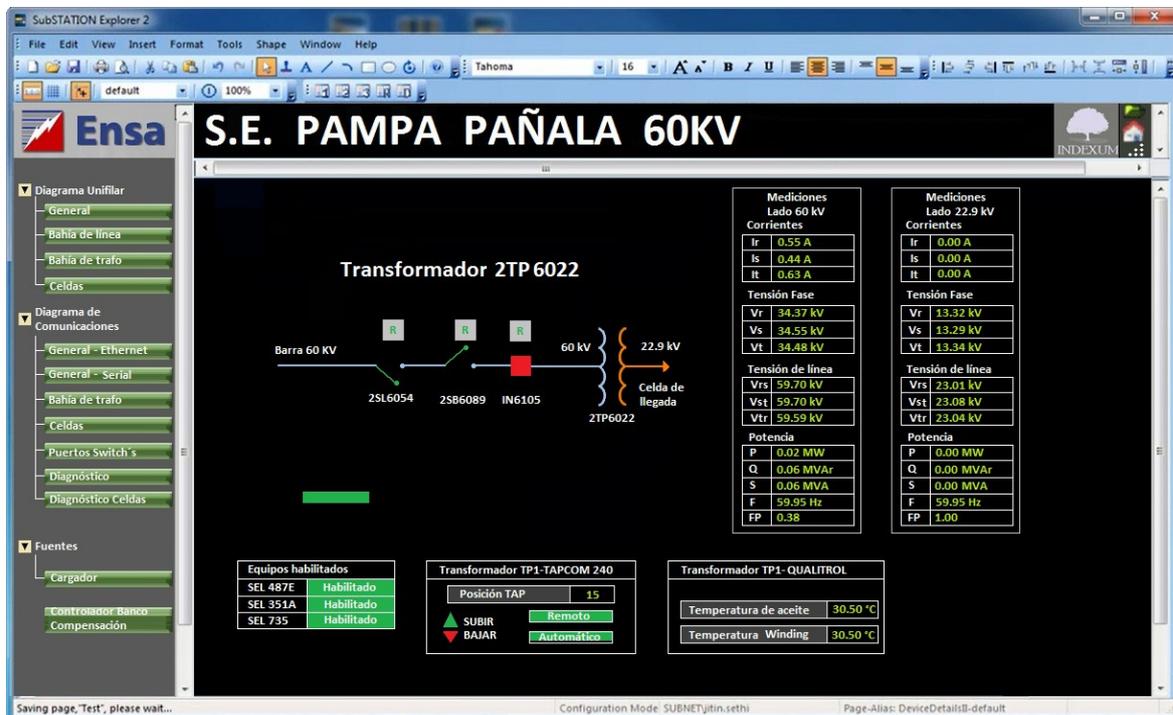


Fig. 4.27: Sistema de monitoreo SCADA, SE Pampa Pañala. Fuente [1].

Sistema de telecomunicaciones

El sistema de telecomunicaciones para este proyecto está contemplado de un medio principal (Fibra óptica) y de un medio de respaldo (Microondas).

El alcance del presente proyecto tiene por finalidad la implementación de dos sistemas de telecomunicaciones, por fibra óptica y por microondas, el cual brindan los servicios de telefonía, tele- protección, transmisión de datos de supervisión y control (SCADA), entre el centro de control de Electronorte S.A. y las subestaciones eléctricas La Viña, Nueva Motupe y Pampa Pañala, así mismo, permite realizar la gestión remota de las unidades operativas para este sistema, tal como se muestra en la figura 4.28.

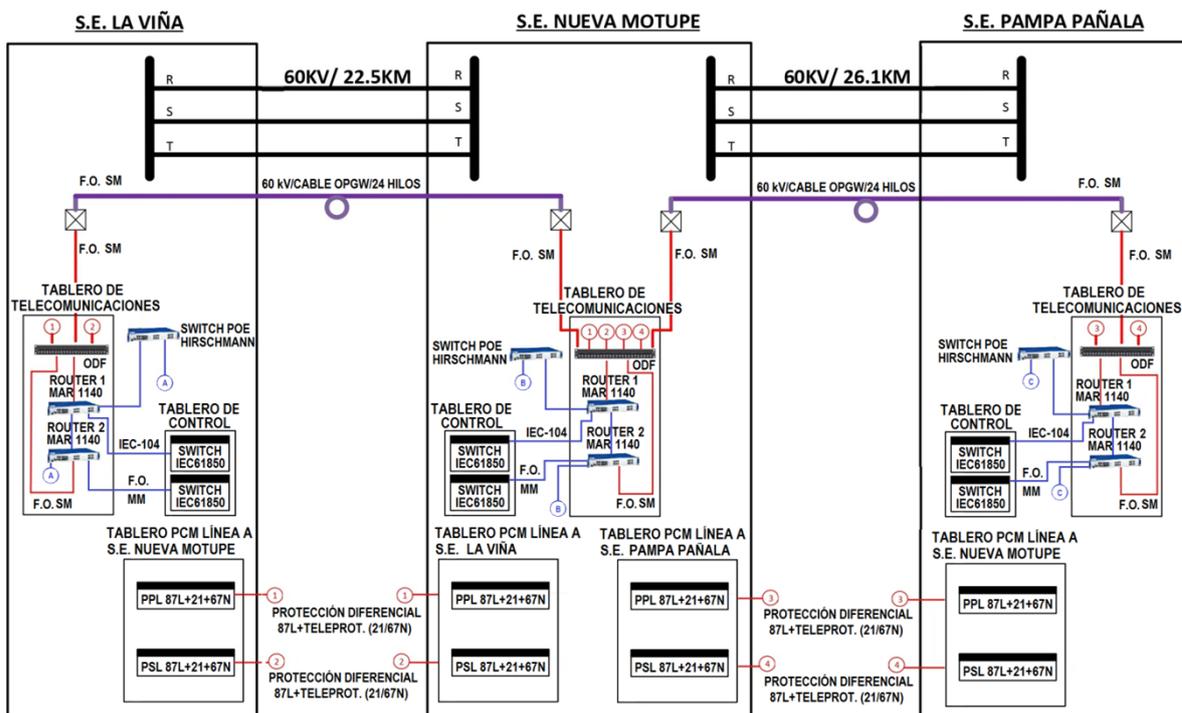


Fig. 4.28: Arquitectura de telecomunicaciones por fibra óptica. Fuente [1].

El sistema de telecomunicaciones para la transmisión de datos en cada subestación está formado por dos routers de marca Hirschmann, modelo MAR1140, los cuales son los encargados del enrutamiento (enrutamiento estático para el presente proyecto) e interconexión con otras redes (cada subestación se encuentra en un segmento de red diferente). Los routers están configurados en redundancia mediante protocolo VRRP, es decir, los dispositivos Ethernet en la subestación apunta a una virtual IP como Gateway que está activo en el MAR1140 que tenga el enlace de comunicación activo (sin pérdida de comunicación por fibra rota o falla del equipo MAR1140 al otro extremo). Asimismo, cada router usa un par de hilos de F.O. para su enlace Ethernet (sólo funciona uno a la vez). Para el enrutamiento de datos se ha tomado como camino principal el medio de F.O y como respaldo los equipos inalámbricos, es decir, presenta tres caminos: el primer enlace principal de F.O con el equipo router, el segundo enlace siendo de respaldo de F.O con un segundo equipo router y el tercer enlace siendo el inalámbrico; considerando el primer enlace, el canal primario.

Ruta de respaldo – Sistema de telecomunicaciones por microondas (Backup).

Como enlace redundante o de backup al enlace principal de telecomunicaciones por fibra óptica entre las subestaciones de potencia de La Viña, Motupe y Pampa Pañalá, se contempla el uso de un enlace de diferente tecnología y que soporta o se pueda aproximar a las capacidades de transmisión de comunicaciones de la fibra óptica, para ello se usa un sistema de comunicaciones inalámbricas.

Este sistema y/o equipamiento inalámbrico soporta las distancias entre las subestaciones de potencia al adaptarse las líneas de vista que existen en las mismas, para ello, este sistema inalámbrico se encuentra acompañado de diversos componentes tales como:

- Equipamiento para acondicionamientos eléctrico.
- Energía estabilizada.
- Equipos Outdoor e Indoor, canalizaciones.
- Torres ventadas en cada una de las subestaciones.
- Sistema de puesta a tierra para protección de los equipos eléctricos y/o electrónicos.
- Servicios de instalación y configuración del sistema.

La solución en referencia a la red de microondas se ha realizado como parte inherente al diseño de la infraestructura de telecomunicaciones que soporta los requerimientos de transmisión de los equipos de conmutación IP, de los equipos de monitoreo y control de la operación técnica y comercial de Electronorte S.A., tanto para las aplicaciones de producción, como aplicaciones y servicios futuros dentro del plan de ampliación de sus servicios hacia las sedes consignadas en el alcance del proyecto.

La red de microondas como un sistema de telecomunicaciones de respaldo se deriva de un diseño justificado ante necesidades de llevar a los usuarios todas las aplicaciones y servicios corporativos del área de operaciones y comerciales de la empresa de manera segura y confiable. Esto tiene por objeto integrar las sedes de Electronorte S.A. consignadas en el proyecto, a través de las comunicaciones por microondas y con capacidad tecnológica, así mismo, el criterio de diseño involucra las buenas prácticas de conectividad, seguridad, alta disponibilidad y operación.

El proyecto contempla la extensión de la red actual de la sede principal de Electronorte S.A. y la definición de los servicios y recursos actuales. Se ha elaborado el diseño para la implementación de solución de conmutación LAN sobre el sistema de microondas, además de la incorporación de tecnologías de comunicación seriales sobre IP.

En la sede de Electronorte S.A. y en las subestaciones eléctricas del proyecto se han integrado las áreas administrativas y de operaciones; así mismo se ha determinado los requerimientos de comunicaciones por servicios y aplicaciones, definiendo objetivamente la disponibilidad de los recursos de red en el diseño del sistema de microondas.

Los requerimientos se han basado en la operación técnica y administrativa de la sede principal de Electronorte S.A. ubicada en la ciudad de Chiclayo de acuerdo a su naturaleza operativa, considerándose también en otras oficinas, las cuales se encuentran en las subestaciones eléctricas del proyecto.

Entre los servicios de telecomunicaciones considerados para el diseño se encuentran:

- Telefonía IP
- Estación de trabajo (Computador para realizar las gestiones y operaciones de automatización)
- Video Vigilancia
- Sistema SCADA
- Sistema de control y Monitoreo

Análisis de solución de la red de microondas de operaciones.

Análisis de red de sedes remotas (subestaciones eléctricas)

Se han ubicado las estaciones previamente definidas con el levantamiento de información tomadas en campo. A partir de allí se han relacionado los enlaces entre sedes para las pruebas de conectividad teórica según la geografía disponibles en los planos de nivel de las herramientas visuales de Google Earth y del software Radio Mobile.

Estas herramientas son referenciales y son contrastadas con el estudio de campo y los enlaces con los cálculos matemáticos de radio propagación.

El primer análisis de enlace se ha basado en la posibilidad de enlazamiento radial desde la sede principal de Electronorte S.A. a cada una de las subestaciones eléctricas consideradas en el proyecto. Este análisis se basa primero en el criterio básico de línea de vista, entendiéndose por línea de vista radial desde la sede principal en la ciudad de Chiclayo.

Se ha estimado un modelo de prueba de línea de vista a las estaciones con posibilidad de contar con una torre de 30 metros como máxima altura referencial.

En la figura 4.29 se muestra el resultado del análisis radial y en la tabla 4.8 se muestra la frecuencia de operación de cada enlace radial.

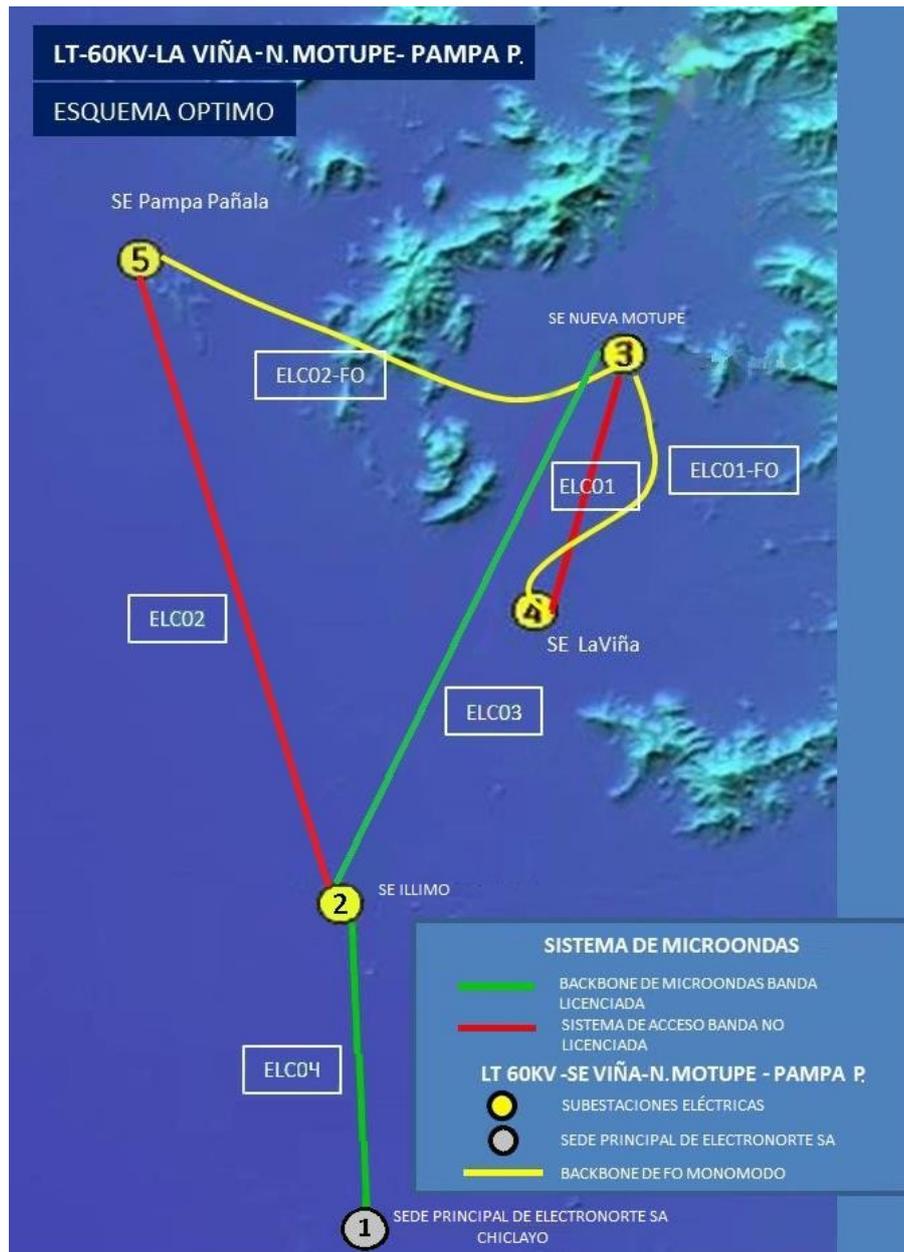


Fig. 4.29: Resultado del análisis radial de línea de vista. Fuente [1].

Tabla 4.8: Enlace radial desde la sede principal a sedes remotas. Fuente [1].

Esquema óptimo				
Enlace	Medio	Frecuencia	Estación 1	Estación 2
ELC01	Aéreo	5.8 GHz	SE La Viña	SE Nueva Motupe
ELC02	Aéreo	5.8 GHz	SE Pampa P.	SE Íllimo
ELC03	Aéreo	7.2 GHz	SE Íllimo	SE Nueva Motupe
ELC04	Aéreo	7.2 GHz	SE Íllimo	Sede principal (Electronorte S.A.)

Con el primer análisis de línea de vista desde la sede central hacia la oficina de Íllimo (Ubicada entre las avenidas Raphael Valdivieso y 7 de enero) se valida el enlace que va a hacer la primera interconexión como base para la integración con el resto de redes de las sedes remotas.

Luego de haber realizado la primera aproximación de solución de enlazamiento entre las subestaciones eléctricas del proyecto y la sede principal de Electronorte S.A., se ha definido las condiciones de operación de los enlaces radiales mediante la topología estrella.

Considerando un modelamiento de parámetros de longitud de onda e infraestructura por estación para definir el enlace y verificar su conectividad en las condiciones radio eléctricas óptimas.

La planificación incluye la selección del emplazamiento y el análisis de la ruta de RF (Radio frecuencia), así como las regulaciones gubernamentales, cuando se levantan las torres en las ubicaciones en que se han definido.

La planificación del enlace inalámbrico ha implicado la recopilación de información mediante el estudio del sitio físico y estudio para la implementación del tablero con el uso de planos y software de modelamiento de enlaces de radiofrecuencia. Como consecuencia de la definición de las características de las estaciones, se ha considerado construir una estructura nueva, como una torre de radio suficientemente alta como para instalar la antena.

El modelo simplificado para el sistema de telecomunicaciones considera un diseño por enlace como parte de una infraestructura de comunicaciones punto a punto. Así mismo, se ha establecido dos tipos de enlaces inalámbricas, una como principal (P) y otra como respaldo (R); esta disposición se muestra en la figura 4.30.

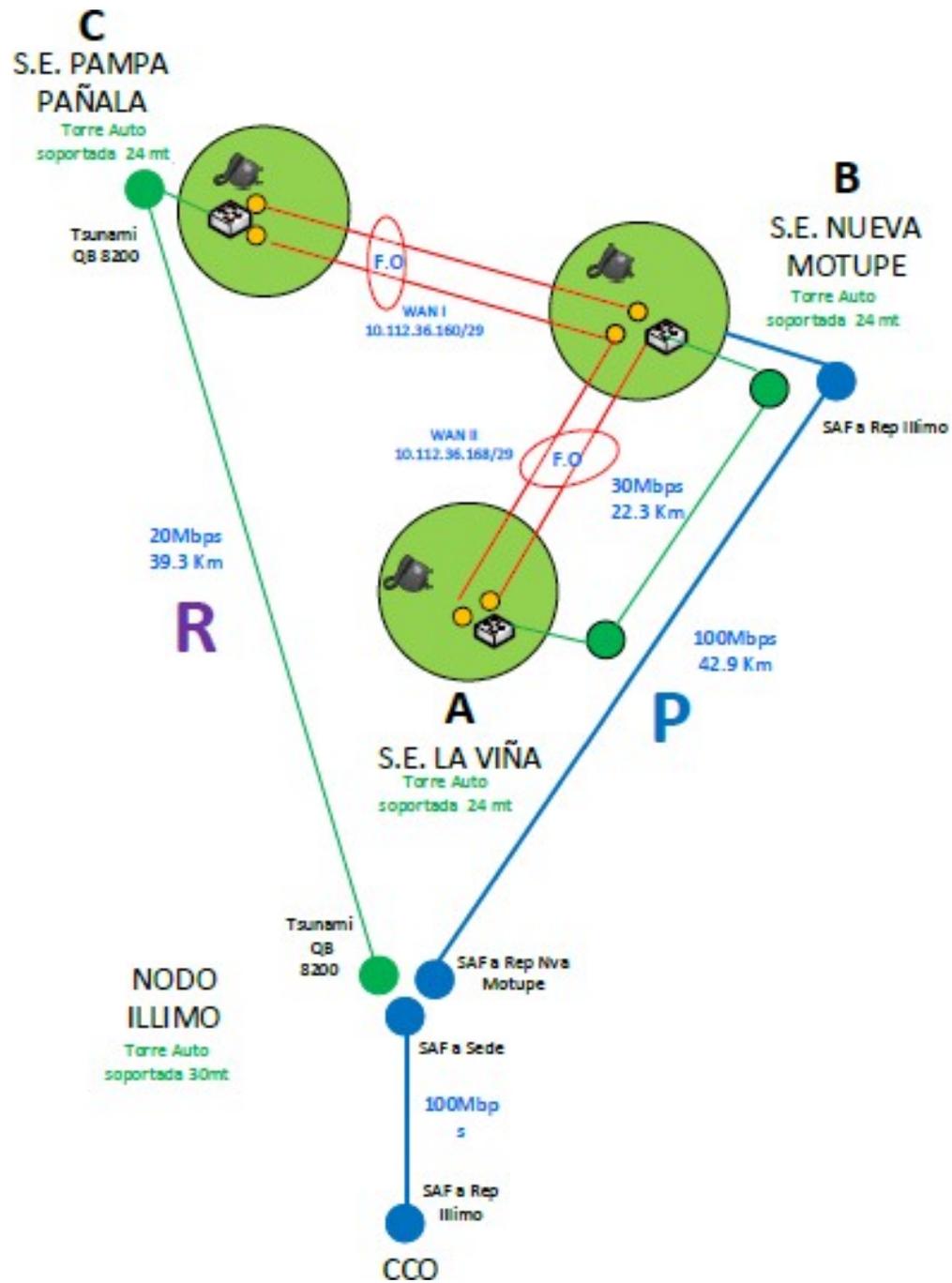


Fig. 4.30: Enlace principal (P) y Respaldo (R), inalámbricas. Fuente [1].

Revisión de factibilidad técnica de frecuencias licenciadas para transmisión de datos

La dorsal de las comunicaciones del sistema de microondas se basa en banda licenciada, considerando la ventaja de contar con canales de comunicación libre de interferencias por canales de frecuencia abierta o no licenciadas, encontrándose el nodo de la concentración principal en la ciudad de Chiclayo.

Requerimientos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

Se ha recabado del MTC la documentación técnica y legal requerida para la aceptación de la solicitud de autorización de las bandas de frecuencia canalizada para los servicios privados digitales para comunicación de datos.

i. Servicios privados

Son aquellos que han sido establecidos por una persona natural o jurídica para satisfacer estrictamente sus propias necesidades de comunicación interna y dentro del territorio nacional.

ii. Servicio fijo terrestre:

Es aquel servicio conformado sólo por estaciones fijas, las cuales se comunican entre sí.

iii. Acceso a los servicios privados fijos terrestres

Cualquier persona, sea natural o persona jurídica.

iv. Autorización para el uso del espectro radioeléctrico

Para la prestación del servicio privado se requiere contar con una autorización otorgada por resolución del director general de autorizaciones en telecomunicaciones.

v. Autoridad competente para la gestión de autorización

Es la facultad que se otorga para prestar un servicio privado. La solicitud se presenta ante la dirección general de autorizaciones en telecomunicaciones.

vi. Modelamiento de enlaces por microondas

Se diseña el modelo de prueba para los cálculos de enlazamiento por microondas por tramos para la estructura dorsal del sistema de telecomunicaciones.

La disponibilidad de las bandas del espectro radioeléctrico administrado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para las regiones de Lambayeque, Cajamarca y Amazonas, se definen en el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias.

Plan Nacional de Atribución de Frecuencia PNAF

De acuerdo a la disposición de radiocanales para las diferentes bandas de frecuencias atribuidas a los servicios de telecomunicaciones de acuerdo al Plan Nacional de Atribución de Frecuencias del Perú, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 187-2005-MTC/03 y publicado en el Diario Oficial "El Peruano" el 3 de abril de 2005 se hizo el estudio para disponer de un mayor ancho de banda de canal de transmisión.

Para este proyecto la banda a utilizar se encuentra en el rango de 7 125 - 7 425 MHz (Servicio fijo utilizando radioenlaces digitales) que corresponde al canal N° 1 (BW: 7 Mhz) definida en la tabla 4.9.

Tabla 4.9: Atribución de Bandas de frecuencias. Fuente [1].

Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 7 MHz		Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 7 MHz	
	Ida	Retorno		Ida	Retorno
1	7 428	7 589	11	7 498	7 659
2	7 435	7 596	12	7 505	7 666
3	7 442	7 603	13	7 512	7 673
4	7 449	7 610	14	7 519	7 680
5	7 456	7 617	15	7 526	7 687
6	7 463	7 624	16	7 533	7 694
7	7 470	7 631	17	7 540	7 701
8	7 477	7 638	18	7 547	7 708
9	7 484	7 645	19	7 554	7 715
10	7 491	7 652	20	7 561	7 722

Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 28 MHz	
	Ida	Retorno
1	7 442	7 596
2	7 470	7 624
3	7 498	7 652
4	7 526	7 680
5	7 554	7 708

Diseño de enlaces del sistema de microondas

Análisis y definición de enlazamiento

El análisis de conectividad en las subestaciones eléctricas y en la sede principal de Electronorte S.A. presenta como base a la subestación Íllimo al permitir establecer el enlace para las telecomunicaciones inalámbricas. El primer análisis de línea de vista referencial es para definir los enlaces más eficientes en cuanto a distancia y saltos de enlace entre subestaciones.

A continuación, se presentan en las figuras 4.31 y 4.32 los resultados de las simulaciones por el modelo de enlace de radio (Software Radio Mobile).

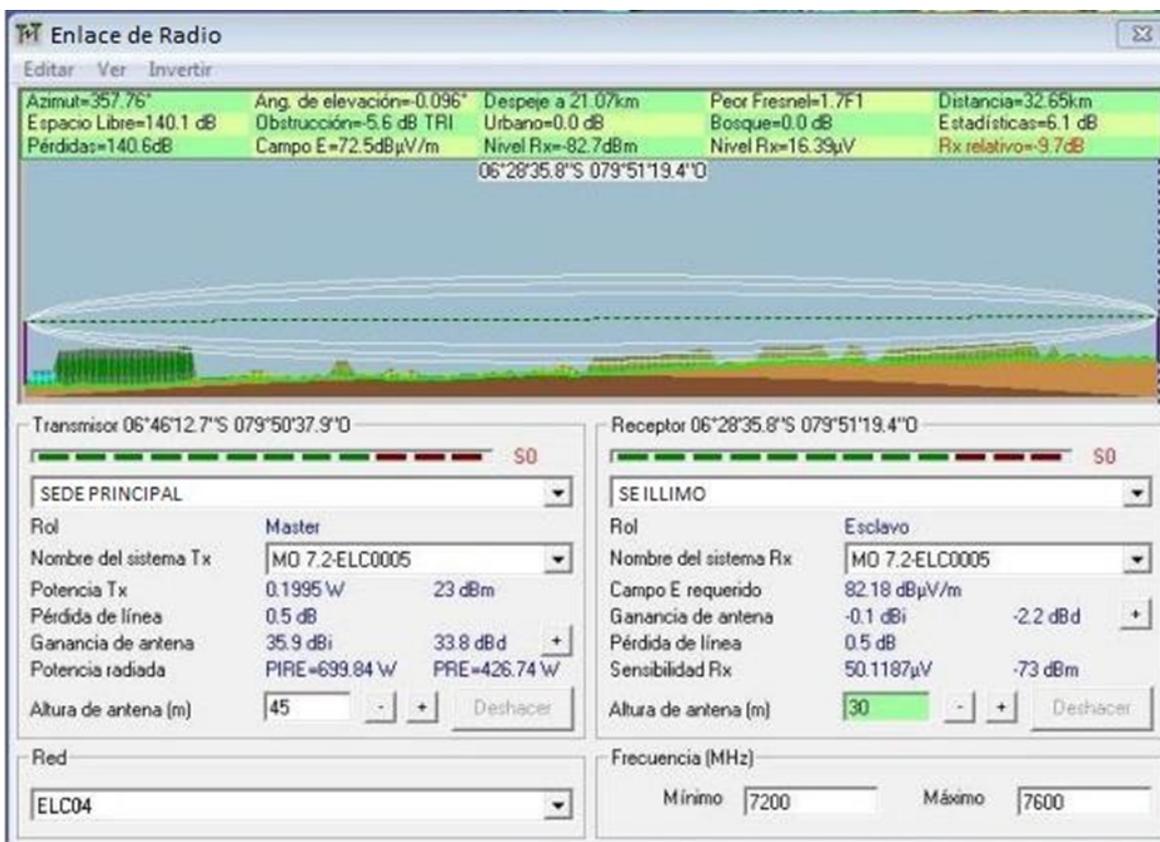


Fig. 4.31: Enlace de microondas, desde sede principal de Electronorte S.A. a subestación Íllimo. Fuente [1].

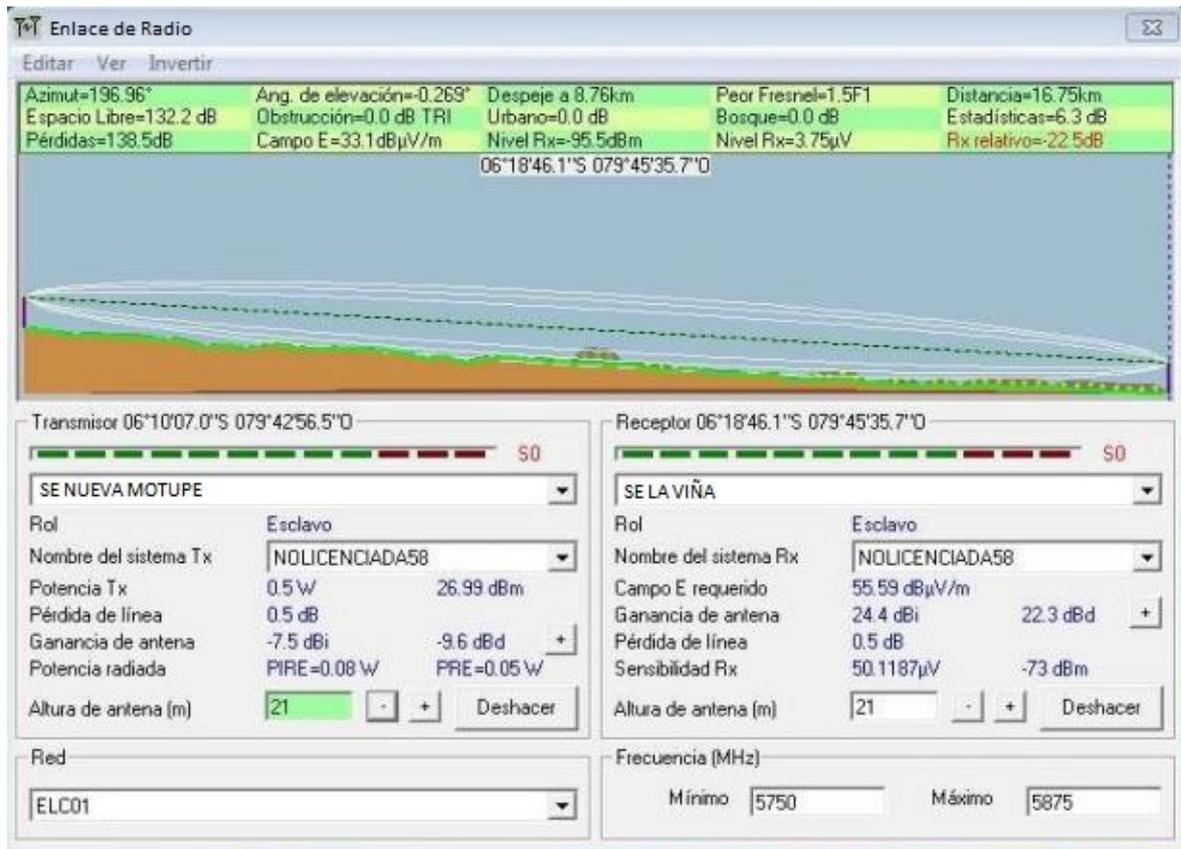


Fig. 4.32: Enlace banda 5.8 GHz SE Nueva Motupe - SE La Viña. Fuente [1].

Diagrama de bloques del sistema de microondas.

El sistema tecnológico de los servicios de telecomunicaciones, control de monitoreo y automatización, como parte del proyecto del sistema de microondas, se ha definido el diagrama de bloques mostrado en la figura 4.33, siendo parte de la implementación el Backbone de microondas de banda licenciada (Banda que requiere permiso de instalación, operación y asignación del espectro radioeléctrico de la entidad reguladora de telecomunicaciones MTC y que opera a frecuencia de 7.2 GHz) y el sistema de acceso de banda no licenciada (Bandas de uso libre que no requieren permiso especial de las autoridades o del regulador de telecomunicaciones y que operan a frecuencias de 2.4 GHz y 5.8 GHz) que conecta la sede principal de Electronorte S.A. con el área de control de operaciones.

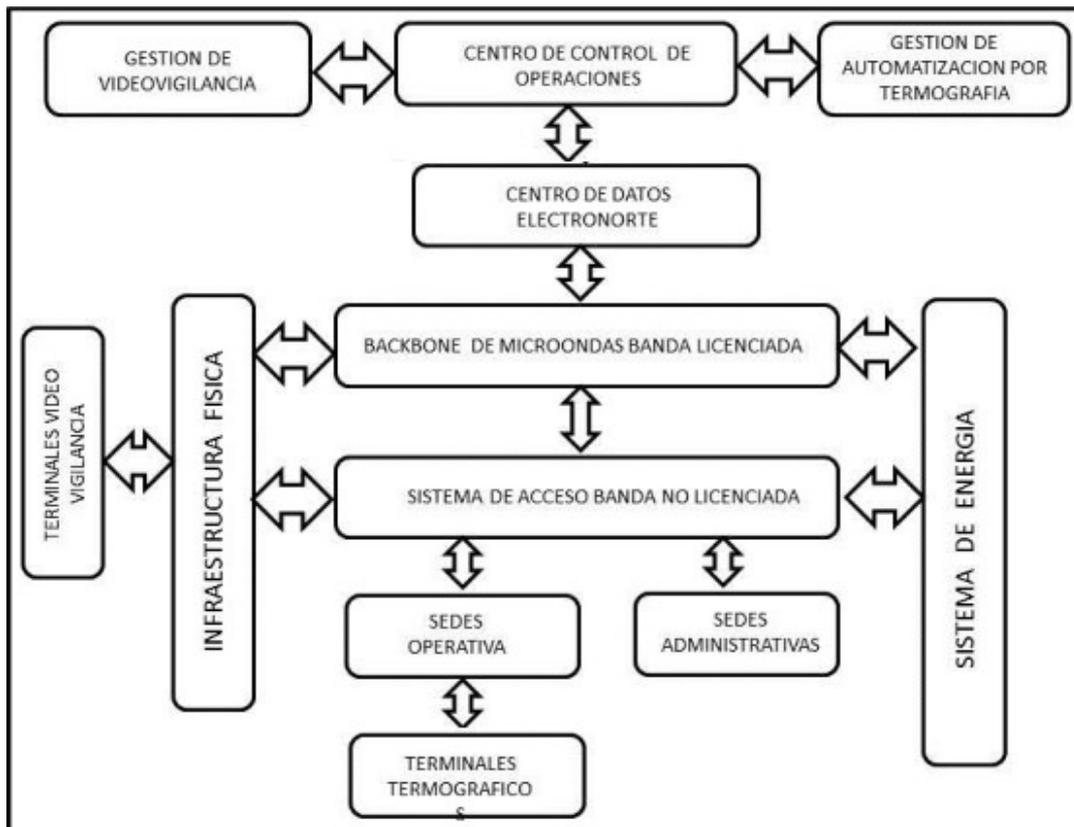


Fig. 4.33: Diagrama de bloques del sistema de microondas. Fuente [1].

Componentes del sistema de comunicaciones por microondas

i. Centro de control de operaciones

El centro de control de operaciones, entorno físico habilitado en la sede principal de Electronorte S.A. para el monitoreo y control de la base operativa y gestión de los sistemas de energía, componentes del sistema de distribución de energía en toda la concesión.

El centro de control de operaciones, núcleo central de monitoreo y control tecnológico, cuenta con un sistema de comunicaciones basado en la tecnología IP e integrada a las unidades operativas a través de los medios de comunicación existentes, contando con el nodo de concentración del centro de datos.

La gestión a través del centro de control gira alrededor del sistema tecnológico SCADA cuyas funciones son:

- Supervisar, controlar y vigilar en tiempo real la información de la situación operacional de todo el sistema eléctrico del área de concesión de Electronorte S.A.
- Adquirir en tiempo real la información operacional del sistema eléctrico a través de sus parámetros principales.
- Monitorear y comandar las funciones esenciales en las subestaciones eléctricas.

ii. Centro de datos

El centro de datos es un área habilitada con las consideraciones técnicas y diseño de ingeniería para concentrar en los servidores, equipos de comunicación, y equipamiento de energía. También se ubican los equipos residentes en los tableros de servidores y comunicaciones según corresponda, además de racks y equipamiento de energía.

iii. Backbone de microondas de banda licenciada

La estructura de telecomunicaciones que opera como troncal del sistema, tiene en el diseño la función de definición de las subredes y conectividad de alta velocidad con el nodo principal. Las subredes definidas en base a la conectividad troncal en banda licenciada, permite un enlace libre de interferencias de señales de canales empleados y garantizados por el ministerio de transportes y comunicaciones MTC.

iv. Sistema de acceso banda no licenciada

El sistema de acceso inalámbrico se encuentra diseñado en base a enlaces de frecuencia no licenciada de 5.8 Ghz para las sedes administrativas y operativas.

v. Sedes operativas:

Las sedes operativas están bajo la gestión del área de operaciones de Electronorte S.A. y concentra la información de los elementos de control y monitoreo de los sistemas eléctricos, componentes en cada subestación eléctrica operativa a través de los equipos RTU's, PLC's y Gateways IP que se integran el sistema SCADA.

Estos sistemas integran la información de estado de las unidades operativas que se concentran a través de la red de comunicaciones al centro de control de operaciones.

vi. Sedes administrativas:

Las sedes administrativas están orientadas a la gestión de atención al cliente y se distribuyen en las zonas urbanas a lo largo de la concesión de operación de Electronorte S.A. Estas sedes son locales con oficinas administrativas cuya edificación y acondicionamiento están orientados a este fin. El requerimiento técnico de comunicaciones define una oficina administrativa típica de al menos 24 usuarios con los servicios centralizados de aplicaciones de negocios desde la sede central de Electronorte S.A.

Diagramas de conectividad por sede principal y subestaciones eléctricas.

El diagrama de conectividad de la sede principal y de las subestaciones eléctricas corresponde a la conectividad física de cableado por fibra óptica y de la comunicación aérea por microondas. La disponibilidad del equipamiento de comunicaciones IP (Ver figura 4.4), considera la estación típica definida como sede central la oficina principal de Electronorte S.A. y de las subestaciones operativas y administrativas.

La definición de la sede principal y de las subestaciones eléctricas dadas sus funcionalidades en el sistema de microondas ha sido tipificada en tres tipos de estaciones:

i. Sede principal de Electronorte S.A. o núcleo de red del sistema por microondas.

Núcleo de concentración de los enlaces por microondas basada en la sede principal donde se encuentra el centro de datos de comunicaciones IP y el centro de control de operaciones de Electronorte S.A.

Funcionalmente es la sede de control y monitoreo del mismo sistema de microondas, donde opera los elementos de captación de datos de los elementos terminales de monitoreo y control de los sistemas eléctricos de operaciones en las subestaciones operativas.

La conectividad a nivel de red de conmutación IP en la sede principal de Electronorte S.A., se extiende desde el cableado de alimentación y datos hacia los equipos de radiocomunicaciones de banda licenciada y banda libre, ubicadas en la torre de comunicaciones, tal como se muestra en la figura 4.34.

Los equipos de radioenlace por microondas de banda licenciada son especificados con bajo retardo, entre 200 a 600 microsegundos.

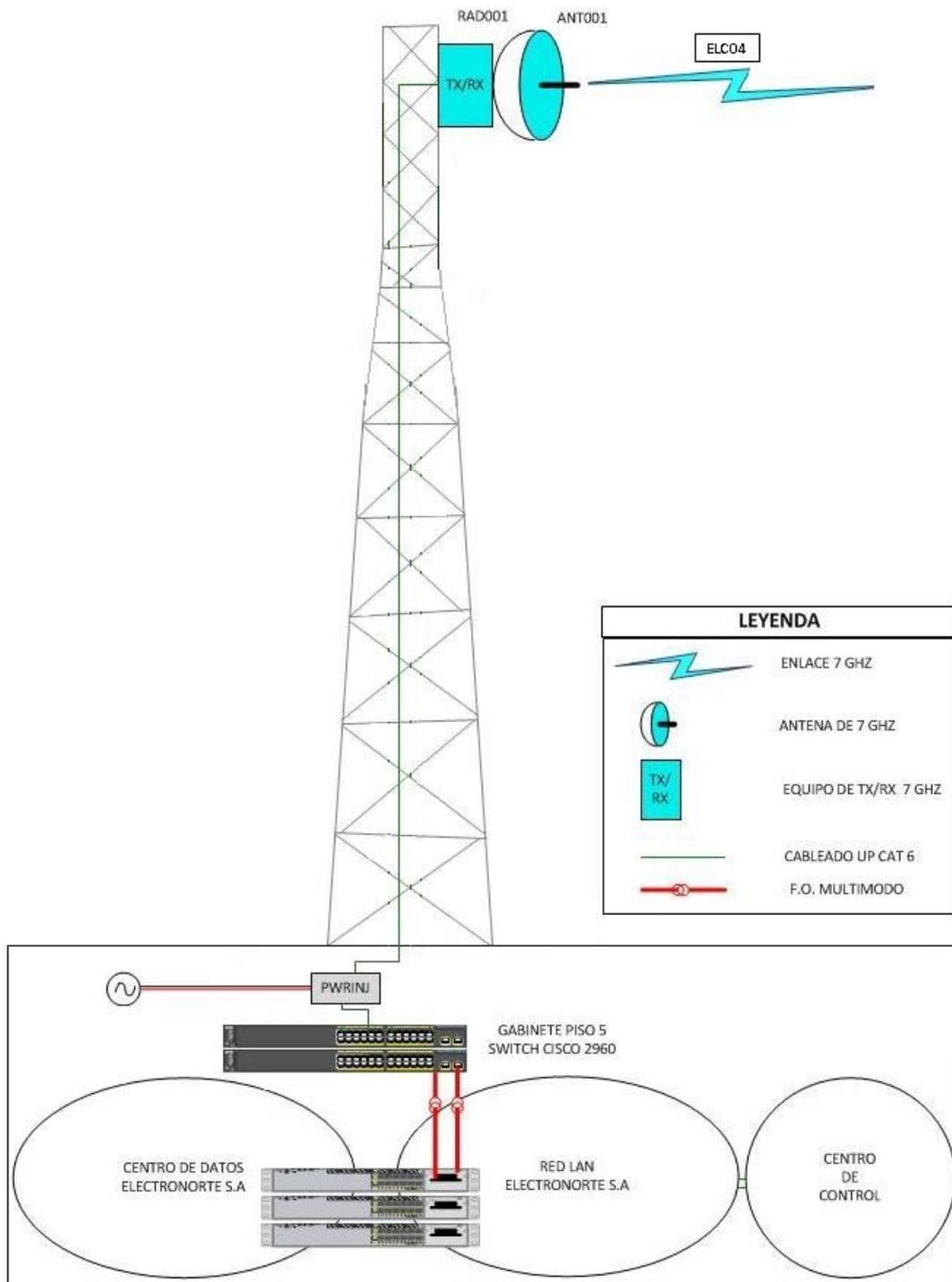


Fig. 4.34: Estación de la sede principal de Electronorte S.A. Fuente [1].

ii. Subestación eléctrica

Definida como la subestación que enlaza el equipamiento de banda no licenciada. La facilidad de crecimiento de la red en las bandas libres (no licenciadas) a la frecuencia de 5,8 Ghz es considerada en este proyecto, siendo la infraestructura de comunicaciones diseñada para integrar múltiples enlaces en bandas de frecuencias 5,8 Ghz y 2,4 Ghz, tal como se muestra en las figuras 4.35 y 4.36.

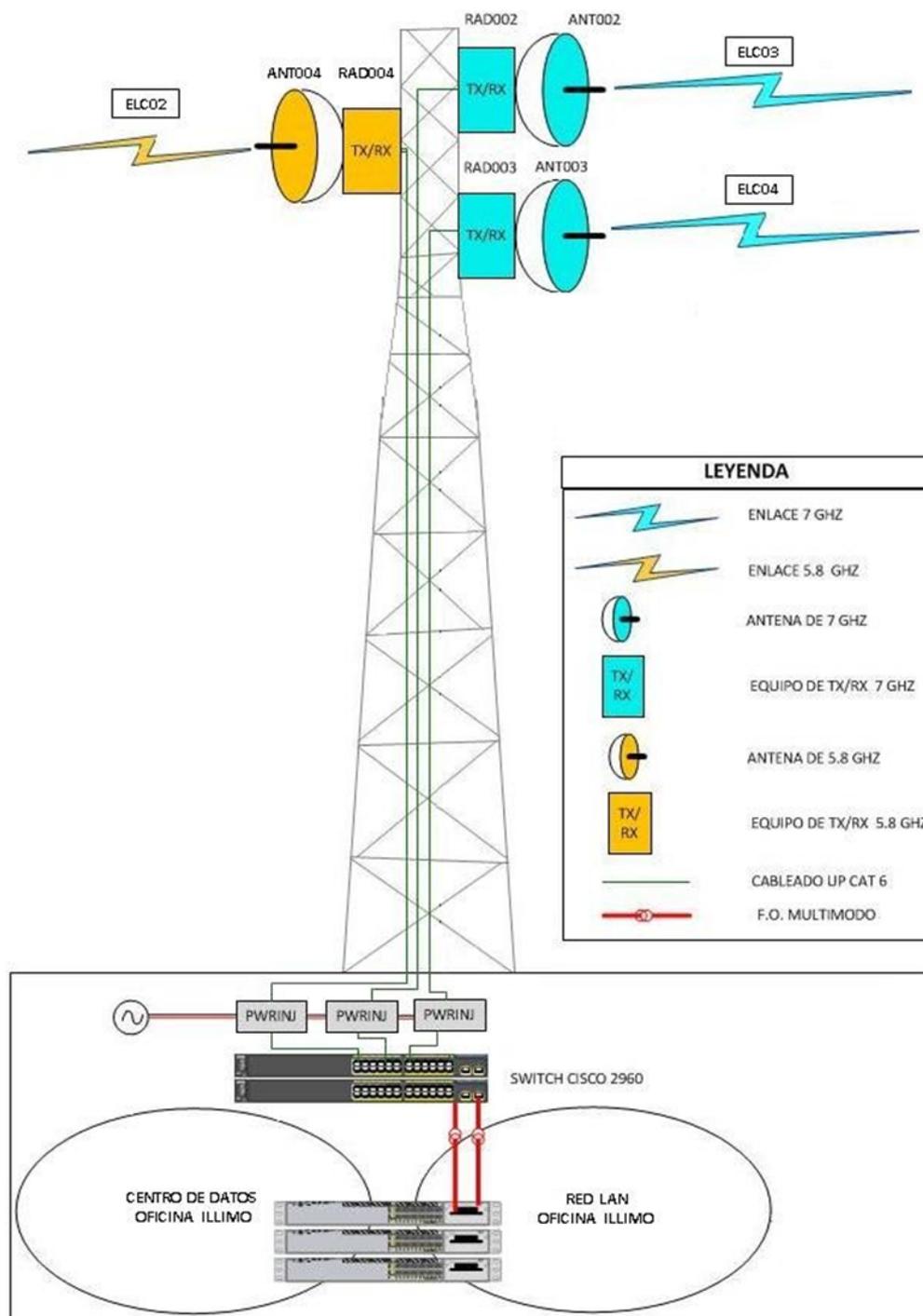


Fig. 4.35: Subestación eléctrica Íllimo. Fuente [1].

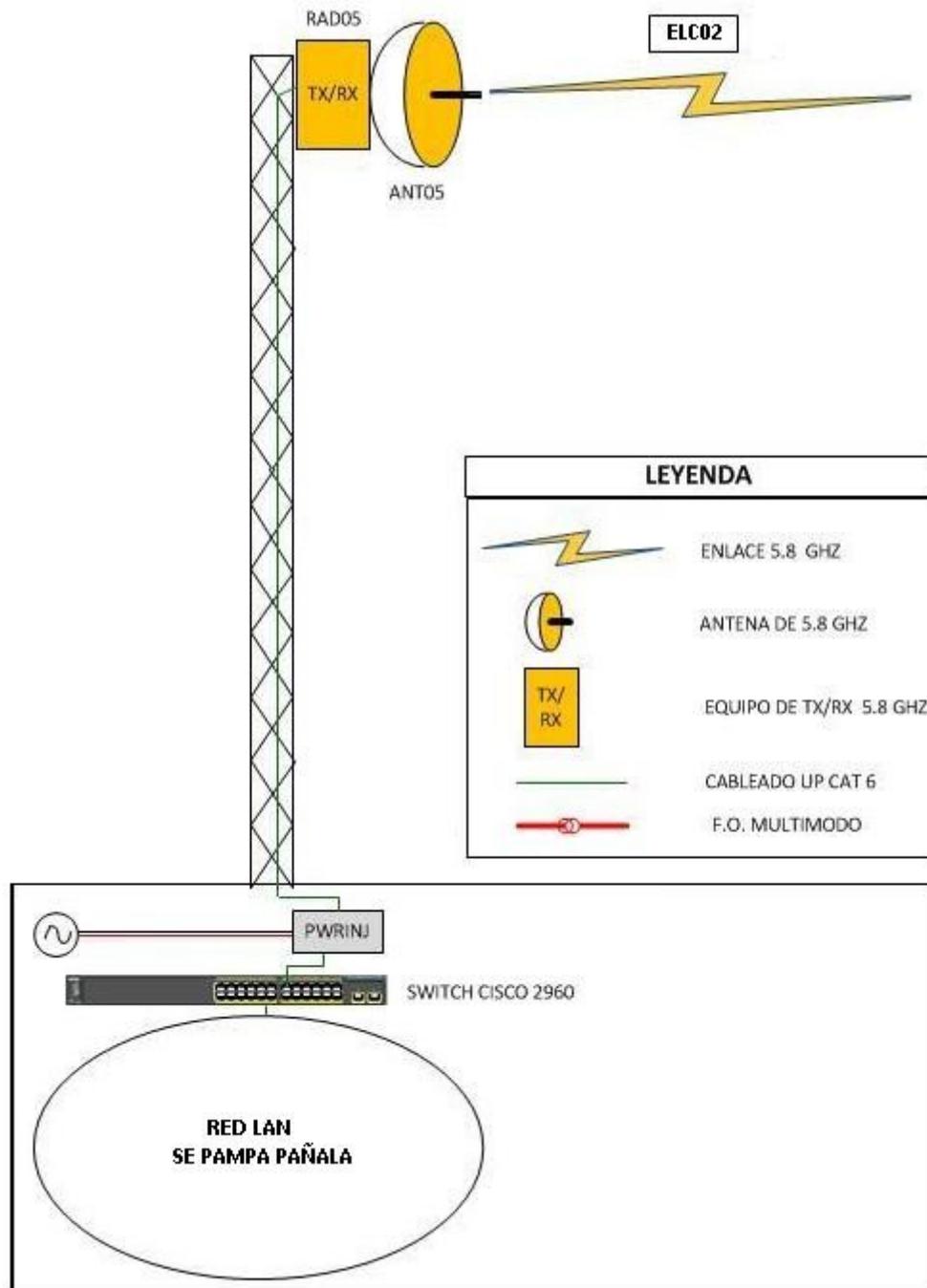


Fig. 4.36: Subestación eléctrica Pampa Pañala. Fuente [1].

iii. Administración y gestión del sistema de telecomunicaciones

La gestión es un sistema centralizado para manejar todas las estaciones de radio tanto para el equipamiento de backbone de microondas de banda licenciada, como para los equipos de acceso en banda no licenciada.

Este sistema es accesible para el personal del centro de control, así como para los operadores del sistema con un control de accesos basado en privilegios de usuario.

El sistema de administración y diagnóstico permite el monitoreo centralizado automático en tiempo real o programado de los parámetros operativos, de la configuración de alarmas básicas y de la administración remota de programación de todos los equipos, incluyendo la descarga de actualizaciones de software.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

5.1 Financiación de la ejecución y operación del proyecto.

El proyecto “Sistemas de telecomunicaciones y automatización para las subestaciones La Viña, Nueva Motupe, Pampa Pañala y el centro de control de Electronorte S.A.”, se celebra entre Electronorte S.A. y C.A.M.E. contratistas y servicios generales S.A. con contrato N°120-2014, de modalidad llave en mano y a precios unitarios.

Datos de la empresa contratante:

Empresa regional de servicio público de electricidad del norte sociedad anónima – Electronorte S.A.

Ruc: 20103117560

Primer representante legal: Alberto Matías Pérez Morón. Segundo representante legal: Enrique Rolando García Guerra.

Domicilio: Avenida camino Real N° 348, Torre El Pilar, piso 13 San Isidro, Lima.

Datos de la empresa contratista:

C.A.M.E. Contratistas y Servicios Generales S.A.

Ruc: 20296027945

Representante legal: Pompeyo Máximo Mejía Salas.

Domicilio: Calle santa Leonor N° 6413, Urbanización Santa Luisa, San Martin de Porres, Lima

Proceso: Concurso público N° 02-003-2014

Otorgamiento de la Buena Pro: Carta N° GG-252-2014 del 30/06/14

Aprobación de directorio: Sesión de directorio N° 12-2014 del 27 de junio del 2014. Plazo: Cuatrocientos cincuenta (450) días calendario.

Monto: S/. 38 704 719.38 (Treinta y ocho millones setecientos cuatro mil setecientos diecinueve con 38/100 soles).

Conceptos que integran el monto contractual, de acuerdo a la tabla 5.1:

Tabla 5.1: Monto contractual. Fuente [1].

Descripción	Total, sin I.G.V (S/.)
Suministro de materiales	18 762 016.93
Montaje electromecánico	5 876 398.35
Obras civiles	4 966 870.47
Transporte de materiales	1 293 139.24
Costo directo(S/.)	30 898 424.99
Gastos generales	4 716 451.89
Utilidades	3 089 842.50
Total, costos sin I.G.V (S/.)	38 704 719.38

El proyecto se inicia con el proceso concursal para seleccionar a la empresa contratista que va a ejecutar la obra, se realiza a través del concurso indicado en la introducción del contrato [1].

La sesión del directorio de Electronorte S.A. autoriza la contratación de la empresa contratista por ser la mejor oferta técnica y económica evaluada, comunicando el otorgamiento de la Buena Pro a la contratista.

La contratista, luego de revisar la documentación técnica proporcionada por Electronorte S.A., que incluye las bases administrativas del concurso, condiciones particulares, especificaciones técnicas, proforma del contrato, ente otros documentos que conforman parte integrante del contrato, manifiesta su voluntad de celebrar el contrato.

Para la ejecución del proyecto materia del contrato, la contratista ha desarrollado las siguientes actividades:

- Estudio definitivo para el proyecto
- Replanteo de obra.
- Ingeniería de detalle del proyecto.
- Detalles y cálculos constructivos complementarios al estudio de ingeniería básica.
- Suministro de materiales, transporte al sitio de la obra, montaje de materiales y equipos del proyecto.
- Obras civiles necesarias para el proyecto.
- Instalaciones electromecánicas.
- Obras complementarias aprobadas por Electronorte S.A.
- Pruebas de recepción y puesta en servicio.
- Liquidación del contrato de obra.

La forma de pago, valorizaciones y amortizaciones que se realice a Electronorte S.A. comprende los pagos con las valorizaciones mensuales, las cuales son aprobadas por el supervisor de obra designada por la empresa, teniendo en cuenta el calendario de avance mensual valorizado de obra, el pago es de entera conformidad de la empresa Electronorte S.A.

Los metrados de avance mensual de la obra son formulados por el ingeniero residente de la contratista, previamente coordinados con el supervisor de la obra, un día específico del mes a valorizarse y son entregados a este último para su evaluación y aprobación.

La amortización (Proceso financiero mediante el cual se extingue gradualmente una deuda por medio de pagos periódicos, que pueden ser iguales o diferentes.) del adelanto en efectivo se hace mediante descuentos proporcionales en cada una de las valorizaciones mensuales de la obra. La diferencia que se produce respecto a la amortización del adelanto en efectivo, se amortiza con la última valorización programada y excepcionalmente esta diferencia también se amortiza en la liquidación de la obra.

5.2 La elaboración del análisis económico.

Antes de iniciar cualquier proyecto, independientemente de cuáles sean sus características, es necesario realizar un estudio de viabilidad, con el propósito de analizar si su puesta en marcha es factible o no. La puesta en marcha del proyecto va precedida de un análisis exhaustivo de:

- El entorno en el que se asienta la empresa, en este caso Electronorte S.A., a fin de conocer su situación.
- Las características técnicas que hacen falta para llevarlo a cabo.
- Los recursos administrativos que hay que tener presente para su puesta en marcha.
- Los requisitos legales que hay que cumplir para que el proyecto se ejecute.
- Los gastos económicos que conlleva poner en funcionamiento el proyecto.

El estudio económico del proyecto es, por tanto, uno de los pasos claves para identificar la viabilidad de un proyecto.

El fin de este proyecto es analizar las necesidades de tipo económico y financiero que precisa la puesta en marcha del proyecto, con el propósito que ayudará a valorar si es rentable, o no, emprender el nuevo proyecto, se trata de conocer:

- La inversión económica necesaria y cómo se va a financiar.
- Estimar los costos y gastos que va a suponer la puesta en marcha del proyecto.
- Valorar los posibles ingresos para realizar un cálculo aproximado de los beneficios que puede dar el proyecto.

Por lo tanto, para realiza el estudio económico, es preciso estructurarlo atendiendo a estos cuatro elementos:

i. Las inversiones. En todo proyecto existen tres tipos de inversiones, cuya suma proporciona el total de inversiones necesario para poner en marcha el proyecto.

- Inversiones en activos fijos, aquellas destinadas a recursos de tipo tangible, como la maquinaria o el mobiliario preciso, o intangible, es decir, que no se pueden “tocar”, como los estudios, las relaciones con los proveedores, derechos y permisos.
- Inversiones en capital de trabajo o activos circulantes, trata de determinar los recursos necesarios para poner en funcionamiento el proyecto (materias primas, mano de obra, etc.). Para calcular este capital de trabajo, es preciso restar a los activos corrientes que ya posee la empresa para poner en marcha el proyecto (capital disponible en efectivo o no, materias primas, repuestos y productos), los pasivos o deudas por pagar a proveedores.
- Gastos previos preoperatorios, aquellos destinados a la realización de estudios, captación de capital, realización de diseños y planes, previos a la puesta en marcha del proyecto.

ii. Los gastos totales. Son los gastos totales que va a suponer el proyecto, para obtener este resultado es preciso analizar:

- Los gastos de administración, que engloban los gastos derivados de la remuneración del personal, depreciaciones, etc.
- Los gastos de fabricación, gastos derivados de facturas de luz, combustibles, impuestos, repuestos, etc.

iii. Los costos. Trata de los costos de producción, dentro de los que se encuentran las materias primas, materiales y recursos necesarios para crear el producto o dar el servicio. Estos costos se pueden clasificar en función de su valor, como variables o fijos.

iv. Ingresos. En el estudio económico, además de los gastos, hay que realizar valorizaciones del dinero que se estima se puede recaudar mediante el servicio realizado y de otros tipos de ingresos que puedan beneficiar la rentabilidad del proyecto.

Dado que el tema trata acerca de la implementación del sistema de telecomunicaciones y control para la automatización de las subestaciones mencionadas en el proyecto, se presenta el presupuesto de este suministro, las cual son indicadas en las tablas 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11 y 5.12.

Tabla 5.2: Suministro para el enlace de fibra óptica OPGW: S.E. La Viña – SE Nueva Motupe. Fuente [1].

Ítem	Descripción	Und.	Presupuesto		
			Cant.	Unitario (S/.)	Total (S/.)
1	Suministros, componentes y accesorios.				
1.1	Ferretería de Fibra Óptica OPGW	Global	1	6,909.00	6,909.00
1.2	Caja de empalme en pórtico de línea de transmisión (entre la Fibra Óptica OPGW y la Fibra Óptica ADSS)	Unid.	2	1,617.00	3,234.00
1.3	Caja de empalme entre dos Fibra Ópticas OPGW (Aérea)	Unid.	6	1,617.00	9,702.00
1.4	Materiales menores adicionales.	Global	1	3,528.00	3,528.00
SUB TOTAL COSTO DIRECTO (S/.)					23,373.00

Tabla 5.3: Suministro para el enlace de fibra óptica OPGW: S.E. Nueva Motupe – S.E. Pampa Pañala. Fuente [1].

Ítem	Descripción	Und.	Presupuesto		
			Cant.	Unitario (S/.)	Total (S/.)
1	Suministros, componentes y accesorios.				
1.1	Ferretería de Fibra Óptica OPGW	Global	1	9,114.00	9,114.00
1.2	Caja de empalme en pórtico de línea de transmisión (entre la Fibra Óptica OPGW y la Fibra Óptica ADSS)	Unid.	2	1,617.00	3,234.00
1.3	Caja de empalme entre dos Fibra Ópticas OPGW (Aérea)	Unid.	7	1,617.00	11,319.00
1.4	Materiales menores adicionales.	Global	1	4,704.00	4,704.00
SUB TOTAL COSTO DIRECTO (S/.)					28,371.00

Tabla 5.4: Suministro para el enlace inalámbrico: S.E. La Viña. Fuente [1].

Ítem	Descripción	Und.	Presupuesto		
			Cant.	Unitario (S/.)	Total (S/.)
1	Suministros, componentes y accesorios.				
1.1	Equipamiento Inalámbrico para enlace de Backup	Unid.	1	40,740.00	40,740.00
1.2	Torre Ventada de 21 metros.	Unid.	1	9,040.50	9,040.50
SUB TOTAL COSTO DIRECTO (S/.)					49,780.50

Tabla 5.5: Suministro para el enlace inalámbrico: S.E. Nueva Motupe. Fuente [1].

Ítem	Descripción	Und.	Presupuesto		
			Cant.	Unitario (S/.)	Total (S/.)
1	Suministros, componentes y accesorios.				
1.1	Equipamiento Inalámbrico para enlace de Backup	Unid.	1	40,740.00	40,740.00
1.2	Torre Ventada de 21 metros.	Unid.	1	9,040.50	9,040.50
SUB TOTAL COSTO DIRECTO (S/.)					49,780.50

Tabla 5.6: Suministro para el enlace inalámbrico: S.E. Pampa Pañala. Fuente [1].

Ítem	Descripción	Und.	Presupuesto		
			Cant.	Unitario (S/.)	Total (S/.)
1	Suministros, componentes y accesorios.				
1.1	Equipamiento Inalámbrico para enlace de Backup	Unid.	1	40,740.00	40,740.00
1.2	Torre ventada de 18 metros para Pampa Pañala y 24 metros para equipo repetidor	Unid.	1	22,050.50	22,050.50
1.3	Estación repetidora	Glob.	1	102,900.00	102,900.00
SUB TOTAL COSTO DIRECTO (S/.)					165,690.50

Tabla 5.7: Suministro para el sistema de telecomunicaciones en la S.E. La Viña – Cableado estructurado. Fuente [1].

Ítem	Descripción	Und.	Presupuesto		
			Cant.	Unitario (S/.)	Total (S/.)
1	Suministros, componentes y accesorios				
1.1	Cable FTP, 4 pares, Categoría 6A	Rollo	1.97	1,014.30	1,995.34
1.2	Cable de Fibra Óptica ADSS (para acometida)	m	180.00	9.53	1,715.40
1.3	Cable de Fibra Óptica Multimodo (para el anillo de Fibra Óptica de los Relés u otros equipos)	Unid.	65.00	9.53	619.45
1.4	Ferretería de Fibra Óptica ADSS	Global	180.00	7.64	1,375.20
1.5	Ordenadores ODF y/o Distribuidor para Fibra Óptica ADSS	Unid.	1.00	705.60	705.60
1.6	Cable 3x10 AWG para energía estabilizada desde sala de Servicios Auxiliares	m	150.00	7.64	1,146.00
1.7	Módulo Jack Angular Apantallado, Categoría 6A	Unid.	24.00	33.66	807.84
1.8	Placa frontal 10G simple para 2 módulos 10G Categoría 6A	Unid.	6.00	7.29	43.74
1.9	Patch Cord UTP RJ-45, 4 pares, Categoría 6A, 2 m	Unid.	12.00	57.33	687.96
1.10	Patch Cord UTP RJ-45, 4 pares, Categoría 6A 3 m	Unid.	12.00	70.56	846.72
1.11	Patch Cord de Fibra Óptica Multimodo	Unid.	15.00	105.84	1,587.60
1.12	Patch Panel 24 Puertos Sistema 110 Categoría 6A	Unid.	4.00	261.66	1,046.64
1.13	Caja 4 x 2 para 2 tomas de Datos	Unid.	6.00	9.49	56.94
1,14	Gabinetes de Piso 45RU a ser ubicado en Sala de Control	Unid.	1.00	8,085.00	8,085.00
1.15	Kit de 2 Ventiladores para Gabinete 220V	Unid.	2.00	191.10	382.20
1.16	Multitoma Eléctrica 10 u 8 tomas Línea a Tierra Horizontal (4 un.)	Unid.	2.00	264.60	529.20
1.17	Ordenador Horizontal 19" 2UR frontal	Unid.	4.00	291.71	1,166.84
1.18	Ordenador Vertical para gabinete de 45 RU	Unid.	2.00	331.04	662.08
1.19	Bandeja para equipos y/o accesorios de comunicaciones	Unid.	2.00	132.30	264.60
1.20	Cable de Tierra Desnudo de 50 mm ² .	Unid.	30.00	35.28	1,058.40
1.21	Materiales para la Instalación del Sistema de Puesta a Tierra	Global	1.00	5,292.00	5,292.00
1.22	Tubos de PVC Pesado.	Unid.	12.00	35.28	423.36
1.23	Canaletas	Global	15.00	161.70	2,425.50
1.24	Cajas de pase	Global	4.00	73.50	294.00
1.25	Tomas dobles de energía eléctrica con punto de tierra (para piso y pared a instalarse en Sala de Control).	Unid.	2.00	23.67	47.34
1.26	Materiales menores adicionales.	Global	1.00	1,029.00	1,029.00
2	Suministro cables de control y terminales				
2.1	12x2,5 mm ² , NYSY 0,6/1,0 kV	m	405.44	1.20	486.53
2.2	7x2,5 mm ² , NYSY 0,6/1,0 kV	m	372.96	1.26	469.93
2.3	4x2,5 mm ² , NYSY 0,6/1,0 kV	m	168.00	1.57	263.76
2.4	4x4 mm ² , NYSY 0,6/1,0 kV	m	474.88	2.15	1020.99
2.5	Terminales, cintillos, etiquetas, numeradores, etc.	Global	1	3,528.00	3,528.00
SUB TOTAL COSTO DIRECTO (S/.)					40,063.16

Tabla 5.8: Suministro para el sistema de telecomunicaciones en la S.E. Nueva Motupe – Cableado estructurado. Fuente [1].

Ítem	Descripción	Und.	Presupuesto		
			Cant.	Unitario (S/.)	Total (S/.)
1	Suministros, Componentes y Accesorios				
1.1	Cable FTP, 4 pares, Categoría 6A	Rollo	1.97	1,014.30	1,995.34
1.2	Cable de Fibra Óptica ADSS	m	280.00	9.53	2,668.40
1.3	Cable de Fibra Óptica Multimodo (para el anillo de Fibra Óptica de los Relés u otros equipos)	Unid.	90.00	9.53	857.70
1.4	Ferretería de Fibra Óptica ADSS	Global	180.00	7.64	1,375.20
1.5	Ordenadores ODF o Distribuidor para Fibra Ópticas ADSS	Unid.	1.00	705.60	705.60
1.6	Cable 3x10 AWG para energía estabilizada desde sala de Servicios Auxiliares	m	50.00	7.64	382.00
1.7	Módulo Jack Angular Apantallado, Categoría 6A	Unid.	24.00	33.66	807.84
1.8	Placa frontal 10G simple para 2 módulos 10G Categoría 6A	Unid.	6.00	7.29	43.74
1.9	Patch Cord UTP RJ-45, 4 pares, Categoría 6A, 2 m	Unid.	12.00	57.33	687.96
1.10	Patch Cord UTP RJ-45, 4 pares, Categoría 6A 3 m	Unid.	12.00	70.56	846.72
1.11	Patch Cord de Fibra Óptica Multimodo	Unid.	24.00	105.84	2,540.16
1.12	Patch Panel 24 Puertos Sistema 110 Categoría 6A	Unid.	4.00	261.66	1,046.64
1.13	Caja 4 x 2 para 2 tomas de Datos	Unid.	6.00	9.49	56.94
1.14	Gabinetes de Piso 45RU a ser ubicado en Sala de Control	Unid.	1.00	8,085.00	8,085.00
1.15	Kit de 2 Ventiladores para Gabinete 220V	Unid.	2.00	191.10	382.20
1.16	Multitoma Eléctrica 10 ú 8 tomas Línea a Tierra Horizontal (4 un.)	Unid.	2.00	264.60	529.20
1.17	Ordenador Horizontal 19" 2UR frontal	Unid.	4.00	291.71	1,166.84
1.18	Ordenador Vertical para gabinete de 45 RU	Unid.	2.00	331.04	662.08
1.19	Bandeja para equipos y/o accesorios de comunicaciones	Unid.	2.00	132.30	264.60
1.20	Cable de Tierra Desnudo de 50 mm ² .	Unid.	40.00	35.28	1,411.20
1.21	Materiales para la Instalación del Sistema de Puesta a Tierra	Global	1.00	5,292.00	5,292.00
1.22	Tubos de PVC Pesado.	Unid.	14.00	35.28	493.92
1.23	Canaletas	Global	15.00	161.70	2,425.50
1.24	Cajas de pase	Global	4.67	73.50	343.00
1.25	Tomas dobles de energía eléctrica con punto de tierra (para piso y pared a instalarse en Sala de Control).	Unid.	2.00	23.67	47.34
1.26	Materiales menores adicionales.	Global	1.00	1,029.00	1,029.00
2	Suministro cables de control y terminales				
2.1	12x2,5 mm ² , NYSY 0,6/1,0 kV	m	5,111.70	1.20	6,134.04
2.2	7x2,5 mm ² , NYSY 0,6/1,0 kV	m	4,127.20	1.26	5,200.27
2.3	4x2,5 mm ² , NYSY 0,6/1,0 kV	m	2,270.40	1.57	3,564.53
2.4	4x4 mm ² , NYSY 0,6/1,0 kV	m	5,181.00	2.15	11,139.15
2.5	Terminales, cintillos, etiquetas, numeradores, etc.	Global	1	5,145.00	5,145.00
SUB TOTAL COSTO DIRECTO (S/.)					67,329.11

Tabla 5.9: Suministro para el sistema de telecomunicaciones en la S.E. Pampa Pañala – Cableado estructurado. Fuente [1].

Ítem	Descripción	Und.	Presupuesto		
			Cant.	Unitario (S/.)	Total (S/.)
1	Suministros, Componentes y Accesorios				
1.1	Cable FTP, 4 pares, Categoría 6A	Rollo	1.64	1,014.30	1,662.79
1.2	Cable de Fibra Óptica ADSS	m	90.00	9.53	857.70
1.3	Cable de Fibra Óptica Multimodo (para el anillo de Fibra Óptica de los Relés u otros equipos)	Unid.	55.00	9.53	524.15
1.4	Ferretería de Fibra Óptica ADSS	Global	160.00	7.64	1,222.40
1.5	Ordenadores ODF o Distribuidor para Fibra Ópticas ADSS	Unid.	1.00	705.60	705.60
1.6	Cable 3x10 AWG para energía estabilizada desde sala de Servicios Auxiliares	m	50.00	7.64	382.00
1.7	Módulo Jack Angular Apantallado, Categoría 6A	Unid.	20.00	33.66	673.20
1.8	Placa frontal 10G simple para 2 módulos 10G Categoría 6A	Unid.	5.00	7.29	36.45
1.9	Patch Cord UTP RJ-45, 4 pares, Categoría 6A, 2 m	Unid.	10.00	57.33	573.30
1.10	Patch Cord UTP RJ-45, 4 pares, Categoría 6A 3 m	Unid.	10.00	70.56	705.60
1.11	Patch Cord de Fibra Óptica Multimodo	Unid.	12.00	105.84	1,270.08
1.12	Patch Panel 24 Puertos Sistema 110 Categoría 6A	Unid.	3.00	261.66	784.98
1.13	Caja 4 x 2 para 2 tomas de Datos	Unid.	5.00	9.49	47.45
1.14	Gabinetes de Piso 45RU a ser ubicado en Sala de Control	Unid.	1.00	8,085.00	8,085.00
1.15	Kit de 2 Ventiladores para Gabinete 220V	Unid.	2.00	191.10	382.20
1.16	Multitoma Eléctrica 10 ú 8 tomas Línea a Tierra Horizontal (4 un.)	Unid.	2.00	264.60	529.20
1.17	Ordenador Horizontal 19" 2UR frontal	Unid.	3.00	291.71	875.13
1.18	Ordenador Vertical para gabinete de 45 RU	Unid.	2.00	331.04	662.08
1.19	Bandeja para equipos y/o accesorios de comunicaciones	Unid.	2.00	132.30	264.60
1.20	Cable de Tierra Desnudo de 50 mm ² .	Unid.	25.00	35.28	882.00
1.21	Materiales para la Instalación del Sistema de Puesta a Tierra	Global	1.00	5,292.00	5,292.00
1.22	Tubos de PVC Pesado.	Unid.	9.00	35.28	317.52
1.23	Canaletas	Global	14.00	161.70	2,263.80
1.24	Cajas de pase	Global	3.00	73.50	220.50
1.25	Tomas dobles de energía eléctrica con punto de tierra (para piso y pared a instalarse en Sala de Control).	Unid.	2.00	23.67	47.34
1.26	Materiales menores adicionales.	Global	1.00	1,029.00	1,029.00
2	Suministro cables de control y terminales				
2.1	12x2,5 mm ² , NYSY 0,6/1,0 kV	m	643.50	1.20	772.20
2.2	7x2,5 mm ² , NYSY 0,6/1,0 kV	m	407.00	1.26	512.82
2.3	4x2,5 mm ² , NYSY 0,6/1,0 kV	m	349.80	1.57	549.19
2.4	4x4 mm ² , NYSY 0,6/1,0 kV	m	713.90	2.15	1,534.89
2.5	Terminales, cintillos, etiquetas, numeradores, etc.	Global	1	3,528.00	3,528.00
SUB TOTAL COSTO DIRECTO (S/.)					37,193.17

Tabla 5.10: Suministro de equipos y materiales SE Nueva Motupe. Fuente [1].

Ítem	Descripción	Und.	Presupuesto		
			Cant.	Unitario (S/.)	Total (S/.)
1	Tableros de control, protección, medición y servicios auxiliares.				
1.1	Tablero de control, protección y medición línea 60 kV conformado por: Relé Principal de Protección de Distancia de Línea y controlador de bahía de línea. Con funciones de protección, control, mando y medida.	Unid.	4.00	242,970.00	971,880.00
1.2	Tablero de protección, control y medición de transformador conformado por: Relé Principal de Protección diferencial y controlador de bahía. Con funciones de protección, control, mando y medida.	Unid.	1.00	202,650.00	202,650.00
1.3	Tablero de protección diferencial de barras 60 kV conformado por: Relé de Protección diferencial de barras 60 kV para 6 bahías en 60 kV Con funciones de protección, posición de equipos de maniobra y medidas.	Unid.	1.00	303,240.00	303,240.00
1.4	Tableros de servicios auxiliares de tensión alterna 380-220Vca	Unid.	1.00	42,879.20	42,879.20
1.5	Tableros de servicios auxiliares de tensión continua 125 Vcc	Unid.	1.00	21,000.00	21,000.00
1.6	Cargador rectificador 380Vca/125 Vcc	Unid.	2.00	55,137.60	110,275.20
1.7	Banco de baterías de 350 A/h, 125 Vcc; NiCd	Unid.	1.00	130,513.60	130,513.60
1.8	Estación de trabajo local e ingeniería. incluye armario, silla y conexas	Unid.	1.00	36,750.00	36,750.00
1.9	Grupo electrogeno de 75 kVA, fdp 0,80; incluye todos los accesorios y tanques de combustible.	Unid.	1.00	51,542.40	51,542.40
1.10	Tablero de transferencia automática	Unid.	1.00	7,756.00	7,756.00
1.11	Tablero de control de la subestación	Unid.	1.00	120,750.00	120,750.00
1.12	Tablero de comunicaciones	Unid.	1.00	279,300.00	279,300.00
1.13	Panel de alarmas (PA) 16 señales o similar	Unid.	3.00	6,000.00	18,000.00
1.14	Tarjetas de comunicación para cargador-rectificador	Unid.	2.00	2,896.00	5,792.00
1.15	Switch para tablero de protección, control y medición para línea hacia se la viña	Unid.	1.00	8,314.61	8,314.61
1.16	Switch para tablero de protección de barras y acoplamiento	Unid.	1.00	8,314.61	8,314.61
1.17	Tablero de servicios auxiliares de tensión alterna 380-220Vca	Unid.	1.00	50,751.12	50,751.12
1.18	Tablero de servicios auxiliares de 125Vdc	Unid.	1.00	19,786.54	19,786.54
1.19	Software Scada, Server/Explorer, con protocolos de comunicación IEC 61850 MNS, IEC 104, IEC 101, DNP 3.0 TCP/IP y serial, lógicas PLC y HMI para operación y supervisión. licencia para 10 conexiones y 12,500 puntos	Unid.	1.00	119,897.64	119,897.64
2	Suministros de equipos y materiales 22,9 kV				
2.1	Celda de M.T. Metal-Clad a Prueba de Arco Interno de 22,9 kV, 1250 A, de Llegada del transformador.	Unid.	1.00	121,716.00	121,716.00
2.2	Celda de M.T. Metal Clad a Prueba de Arco Interno de 22,9 kV, 630 A, para Medición.	Unid.	1.00	60,536.00	60,536.00
2.3	Celda de M.T. Metal-Clad a Prueba de Arco Interno de 22,9 kV, 630 A, de salida 1 en 22,9 kV.	Unid.	1.00	112,700.00	112,700.00
2.4	Celda de M.T. Metal-Clad a Prueba de Arco Interno de 22,9 kV, 630 A, de salida 2 en 22,9 kV.	Unid.	1.00	112,700.00	112,700.00
2.5	Celda de M.T. Metal-Clad a Prueba de Arco Interno de 22,9 kV, 630 A, de salida 3 en 22,9 kV.	Unid.	1.00	112,700.00	112,700.00
2.6	Celda de M.T. Metal-Clad a Prueba de Arco Interno de 22,9 kV, 630 A, de salida 4 en 22,9 kV.:	Unid.	1.00	112,700.00	112,700.00
2.7	Celdas de M.T. Metal Clad a Prueba de Arco Interno de 22,9 kV, 630 A, para SS.AA.	Unid.	1.00	113,988.00	113,988.00
2.8	Switch para integración de señales en Celdas de MT22.9kV	Unid.	1.00	8,400.00	8,400.00
SUB TOTAL COSTO DIRECTO (S/.)					3,264,832.92

Tabla 5.11: Suministro de equipos y materiales SE Pampa Pañala. Fuente [1].

Ítem	Descripción	Und.	Presupuesto		
			Cant.	Unitario (S/.)	Total (S/.)
1	Tableros de control, protección, medición y servicios auxiliares.				
1.1	Tablero de control, protección y medición línea 60 kV conformado por: Relé Principal de Protección de Distancia de Línea y controlador de bahía de línea. Con funciones de protección, control, mando y medida.	Unid.	1.00	242,970.00	242,970.00
1.2	Tablero de protección, control y medición de transformador conformado por: Relé Principal de Protección diferencial y controlador de bahía. Con funciones de protección, control, mando y medidas	Unid.	1.00	187,950.00	187,950.00
1.4	Tableros de servicios auxiliares de tensión alterna 380-220 Vca	Unid.	1.00	26,532.24	26,532.24
1.5	Tablero de servicios auxiliares de tensión continua 125 Vcc	Unid.	1.00	30,273.60	30,273.60
1.6	Cargador rectificador 380Vca/125, 70A	Unid.	-	51,573.20	-
1.7	Banco de baterías de 100 A/h, 125 Vcc; NiCd	Unid.	1.00	83,633.20	83,633.20
1.8	Estación de trabajo local e ingeniería. incluye armario, silla y conexionado	Unid.	1.00	36,750.00	36,750.00
1.9	Grupo electrógeno de 75 kVA, fdp 0,80; incluye todos los accesorios y tanques de combustible.	Unid.	1.00	51,542.40	51,542.40
1.10	Panel de alarmas (PA) 16 señales o similar	Unid.	1.00	6,000.00	6,000.00
1.11	tarjetas de comunicación para cargador-rectificador	Unid.	1.00	2,896.00	2,896.00
1.12	tablero de control de la subestación	Unid.	1.00	120,750.00	120,750.00
1.13	tablero de comunicaciones	Unid.	1.00	279,300.00	279,300.00
1.14	Software Scada, Server/Explorer, con protocolos de comunicación IEC 61850 MNS, IEC 104, IEC 101, DNP3.0 TCP/IP y serial, lógicas PLC Y HMI para operación y supervisión. licencia para 10 conexiones y 12,500 puntos	Unid.	1.00	119,897.64	119,897.64
2	Suministros de equipos y materiales 22,9 kV.				
2.1	Celda de M.T. Metal-Clad a Prueba de Arco Interno de 22,9 kV, 630 A, de Llegada del transformador.	Unid.	1.00	123,832.80	123,832.80
2.2	Celda de M.T. Metal-Clad a Prueba de Arco Interno de 22,9 kV, 400 A, de salida 1 en 22,9 kV.:	Unid.	1.00	117,280.80	117,280.80
2.3	Celdas de M.T. Metal Clad a Prueba de Arco Interno de 22,9 kV, 400 A, para SS.AA.	Unid.	1.00	115,970.40	115,970.40
2.4	Celda de M.T. Metal-Clad a Prueba de Arco Interno de 22,9 kV, 400 A, de salida 2 en 22,9 kV.	Unid.	1.00	117,280.80	117,280.80
2.5	Celda de M.T. Metal-Clad a Prueba de Arco Interno de 22,9 kV, 400 A, de salida 3 en 22,9 kV.	Unid.	1.00	117,280.80	117,280.80
2.6	Celda de M.T. Metal Clad a Prueba de Arco Interno de 22,9 kV, 400 A, para Medición.	Unid.	1.00	62,244.00	62,244.00
2.7	Banco de Condensadores fijos de 3 MVAR (incluye estructura soporte)	Cjto	1.00	417,886.00	417,886.00
2.8	Celda de M.T. Metal-Clad a Prueba de Arco Interno de 22,9 kV, 400 A, de salida 4 en 22,9 kV.	Unid.	1.00	117,280.80	117,280.80
2.9	Switch para integración de señales en Celdas de MT22.9kV	Unid.	1.00	6,313.71	6,313.71
SUB TOTAL COSTO DIRECTO (S/.)					2,383,865.19

Tabla 5.12: Suministro de equipos y materiales SE La Viña. Fuente [1].

Ítem	Descripción	Und.	Presupuesto		
			Cant.	Unitario (S/.)	Total (S/.)
1	Tableros de control, protección, medición y servicios auxiliares.				
1.1	Tablero de control, protección y medición línea 60 kV conformado por: Relé Principal de Protección de Distancia de Línea y controlador de bahía de línea. Con funciones de protección, control, mando y medida.	Unid.	1.00	248,850.00	248,850.00
1.2	Integración al RTU existente	Unid.	1.00	241,500.00	241,500.00
1.3	Ampliación del tablero de servicios auxiliares de tensión alterna 380-220 Vca	Unid.	1.00	37,534.00	37,534.00
1.4	Ampliación del tablero de servicios auxiliares de tensión continua 125 Vcc	Unid.	1.00	30,164.40	30,164.40
1.5	Panel de alarmas (PA) 16 señales o similar	Unid.	1.00	6,000.00	6,000.00
1.6	Cargador rectificador 380Vca/125 (60A)	Unid.	1.00	40,424.00	40,424.00
1.7	Banco de baterías de 150 A/h, 125 Vcc; NiCd	Unid.	1.00	68,870.00	68,870.00
1.8	Tarjetas de comunicación para cargador-rectificador	Unid.	1.00	2,896.00	2,896.00
1.9	Software Scada, Server/Explorer, con protocolos de comunicación IEC 61850 MNS, IEC 104, IEC 101, DNP3.0 TCP/IP Y serial, lógicas PLC Y HMI para operación y supervisión. licencia para 10 conexiones y 12,500 puntos	Unid.	1.00	119,897.64	119,897.64
1.10	Tablero de control de la subestación	Unid.	1.00	120,750.00	120,750.00
1.11	Tablero de comunicaciones	Unid.	1.00	279,300.00	279,300.00
SUB TOTAL COSTO DIRECTO (S/.)					1,196,186.04

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Se implementó el sistema de telecomunicaciones, control y SCADA de la nueva red eléctrica de las subestaciones La Viña, Nueva Motupe, Pampa Pañala y el centro de control de Electronorte S.A. desarrollado en el departamento de Lambayeque.
2. Este nuevo sistema SCADA, permite que las subestaciones La Viña, Nueva Motupe y Pampa Pañala sean de tipo no atendida, quiere decir controladas remotamente desde el centro de control de Electronorte S.A. ubicado en la ciudad de Chiclayo, logrando un ahorro económico cuya estimación promedio alcanza un valor de 10 000 soles mensuales (Considerando el pago de 03 técnicos más gastos operativos) y la obtención de un tiempo de respuesta inmediata ante una falla en el sistema eléctrico.
3. El enlace principal es de F.O. que permite la transmisión de información a 1Gbps y su respaldo es una red de microondas con una capacidad de transmisión de 100Mbps que funcionará en cualquier caso de fallas.
4. Cada torre de transmisión eléctrica y comunicaciones requiere el uso permanente de una pequeña extensión de terreno con un costo que varía entre los 800 a 2 500 soles/torre, esto dependerá de la situación del terreno.
5. Las prestaciones de un sistema óptico dependen básicamente de las distancias a cubrir y de las necesidades que requiera la transmisión, es por tal razón la utilización de transductores ópticos que comprenden velocidades hasta 1Gbps.
6. Los sistemas de radio de microondas tienen la ventaja de contar con capacidad para transmitir varios canales individuales de información entre dos puntos (como por ejemplo, entre dos subestaciones eléctricas), dejando a un lado la necesidad de instalaciones físicas, tales como los cables coaxiales o fibras ópticas.
7. El router instalado en el tablero de telecomunicaciones permite separar la red administrativa de la red de operaciones, en caso falle una de las redes, la otra seguirá operando de manera activa.
8. Solo se puede usar un módulo WAN T1 / E1 por enrutador para la prestación de servicios de acceso remoto y que permite múltiples conexiones de acceso remoto simultáneas.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda mantener los conectores ópticos limpios, porque que la suciedad puede llegar a introducir varios decibelios de pérdidas de inserción, una partícula de polvo de 1 micrómetro en un núcleo de modo simple puede bloquear hasta el 1% de la luz [20]
2. Se recomienda inspeccionar el cable de fibra óptica antes de su instalación, debido a que puede presentar pequeñas curvas que provocarían reflexiones afectando al laser o incluso transformarse en ruido en recepción, por ejemplo las curvas que son causadas por pellizcos o apretado de la fibra lo que conduce a deformaciones en la estructura de la misma.
3. Evitar dobleces en el cable de fibra óptica que no esté permitido de acuerdo a la tabla de datos técnicos del fabricante al momento de su instalación, pues esto causaría pérdidas adicionales en especial a longitudes de onda altas, por ejemplo la pérdida óptica aumenta a medida que el radio de curvatura de la fibra disminuye, para el estándar de fibra G.657.B.3 (ITU) el radio de curvatura se ha estandarizado al nivel de 5mm.
4. Se recomienda no realizar las operaciones desde el nivel 0 de los equipos electromecánicos una vez energizados, para seguridad del personal técnico.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Electronorte S.A., "Sistema de telecomunicaciones para el estudio definitivo de la LT 60 kV La Viña – Motupe – Pampa Pañala y Subestaciones". 2013.
- [2] Mejía Villegas, "Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión". 1991.
- [3] Marlo Arturo Espinoza López, "Proyecto de instalaciones eléctricas del centro de distribución central SAGA S.A. – 800 kVA". 2007.
- [4] Noel Hegel Ocrospoma, "Sistema de control y monitoreo de la interconexión de dos líneas de transmisión eléctrica en 220 kV, desde la planta termoeléctrica Chilca uno hacia la subestación Chilca RED". 2012.
- [5] Fibra Óptica, https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_optica.
- [6] Cables y Componentes para Comunicaciones, S.L. www.c3comunicaciones.es
- [7] Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks, Recommendation ITU-T G.652. 2009.
- [8] Microondas, <https://es.wikipedia.org/wiki/Microondas>.
- [9] Juan José Murillo Fuentes, "Fundamentos de Radiación y Radiocomunicación". 2012.
- [10] Carlos Crespo Cadenas, "Radiocomunicación". 2008.
- [11] Radiocomunicación por Microondas.
https://es.wikipedia.org/wiki/Radiocomunicación_por_microondas
- [12] Edison Coimbra G. "Antenas y Propagación de Ondas". 2010.
www.coimbraweb.com.
- [13] Ingeniería para la integración coherente de Tecnologías de información y comunicaciones "Bratcom Ingenieros S.A.C."
- [14] Cisco, Networking Academy, CCNA Exploration 4.0, "Aspectos Básicos de Networking".
- [15] Marco Antonio Toscano Palacios, "Automatización de una subestación eléctrica utilizando el protocolo IEC 61850 y el ICCP para el envío de datos". 2010.

- [16] Luz del Sur, “Ampliación de SETs Cantera 220/60 Kv y San Vicente 60/22.9 kV, y la nueva línea de transmisión 60 kV Cantera – San Vicente”. 2017.
- [17] Ángel Pérez Monge, “Diseño para la ampliación del sistema de control y protección para la Subestación Lessos de 220/132/11 Kv en Kenia”. 2013.
- [18] COES SINAC, “Procedimiento técnico del comité de operaciones económica de SEIN”. 2013.
- [19] Schneider Electric, “Protecciones eléctricas en MT”. 2003.
- [20] Cisco, https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/optical/synchronous-digital-hierarchy-sdh/51834-cleanfiber2.html.
- [21] Radioenlaces desarrollado por Roger Coudé, http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12046/fichero/3_Capitulo3.pdf

ANEXO A

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ADSS	<i>All Dielectric Self Supported</i> , cable de fibra óptica completamente dieléctrico y auto soportado.
BCU	Unidades de control de bahía
CIGRÉ	Consejo Internacional de Grandes Redes Eléctricas.
COES SINAC	Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.
CPDs	Centros de Procesamiento de Datos.
DS0	Señal Digital Cero.
DS1	Señal Digital Uno.
DNP.3	<i>Distributed Network Protocol versión 3</i> , protocolo de red distribuido.
DWDM	<i>Dense Wavelength Division Multiplexing</i> , que significa multiplexado denso por división en longitudes de onda.
EHF	<i>Extremely High Frequency</i> , frecuencia extremadamente alta.
EIA/TIA	<i>Electronic Industries Alliance / Telecommunications Industry Association</i> , Asociación de Industrias Electrónicas / Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones.
ELF	<i>Extremely Low Frequencies</i> , frecuencias extremadamente bajas.
EMI	<i>Electromagnetic Interference</i> , Interferencia Electromagnética, también llamada interferencia de radiofrecuencia.
EX	Modelo que utiliza 1310nm de longitud de onda sobre la fibra óptica monomodo.
E1	Enlace de transmisión digital con una velocidad total de transmisión y recepción de 2.048 Mbps.
FO	Fibra Óptica.

FTP 6A	<i>Foil screened Twisted Pair</i> , Cable de par trenzado apantallado utilizado para la transmisión de datos. 6A es la categoría, comprende su operación a una velocidad hasta 10 Gb.
FTTx	<i>Fiber to the x</i> , es un término genérico para designar cualquier acceso de banda ancha sobre fibra óptica que sustituya total o parcialmente el cobre del bucle de acceso.
G652 B	Se aplica para dispersión de fibras ópticas monomodo sin desplazamiento, de acuerdo a recomendación ITU-T.
G652 D	Se aplica para bajo pico de agua, de acuerdo a recomendación ITU-T.
G653	Se aplica para dispersión de fibras ópticas monomodo desplazadas, de acuerdo a recomendación ITU-T.
G655	Se aplica para fibras ópticas monomodo desplazadas de dispersión no nula, de acuerdo a recomendación ITU-T.
G657	Se aplica para fibras ópticas monomodo insensibles a la pérdida de flexión, de acuerdo a recomendación ITU-T.
GPS	<i>Global Positioning System</i> , Sistema de Posicionamiento Global, sistema de radionavegación por satélite.
GOOSE	<i>Generic Object Oriented Substation Event</i> , se usa para transmitir comandos de disparo a un interruptor desde un relevador a otro.
HF	<i>High Frequencies</i> , frecuencias altas.
HMI	Interfaz Hombre-Máquina es el interfaz entre el proceso y el operario.
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> , Comisión Electrotécnica Internacional.
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> , Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
IEDs	Dispositivos Electrónicos Inteligentes.
IP	Conjunto de números que identifica, de manera lógica y jerárquica, a una Interfaz en red.
IDU	Módem que interconecta la radio con el Backbone de la red.

IGMP	<i>Internet Group Management Protocol</i> , protocolo de comunicaciones utilizado por hosts y enrutadores adyacentes en redes IPv4 para establecer membresías de grupos de multidifusión.
ITU-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones, organismo encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional.
Kbit/s	Kilobit por segundo, unidad de medida que se usa para medir la velocidad de transferencia de información mediante una red.
Km	Kilometro, es una unidad de longitud.
LAN	<i>Local Area Network</i> , Red de Área Local, red que conecta los ordenadores en un área relativamente pequeña y predeterminada.
LC	Se refiere a <i>Lucent Connector</i> , es un conector <i>push-pull</i> , de formato pequeño, que usa una férula de 1.25 mm.
LF	<i>Low Frequencies</i> , Frecuencias bajas.
L/R	Local / Remoto.
LX	Modelo que utiliza 1310nm de longitud de onda sobre la fibra óptica monomodo y multimodo.
MAC	<i>Media Access Control</i> , es un identificador de 48 bits que corresponde de forma única a una tarjeta o dispositivo de red.
Mbps	Megabit por segundo, unidad de medida que se usa para medir la velocidad de transferencia de información mediante una red.
MODELO OSI	<i>Open Systems Interconnection</i> , es un modelo conceptual que caracteriza y estandariza las funciones de comunicación de un sistema de telecomunicaciones o informática.
MM	<i>Multi Mode</i> , Multimodo.
MMF	Fibra Multimodo
MMS	<i>Manufacturing Message Specification</i> , Especificación de mensajes de fabricación.
MTC	Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
nm	Nanómetro, es una unidad de longitud.
ODF	Distribuidor de fibra óptica.

ODU	Unidad radio, viene definida por la frecuencia de sintonización y la subbanda de trabajo.
OM	Modo Óptico.
OM1	Modo Óptico 1, aplica a fibra óptica multimodo 62.5/125
OM2	Modo Óptico 2, aplica a fibra óptica multimodo 50/125
OM3	Modo Óptico 3, aplica a fibra óptica multimodo 50/125
OPGW	<i>Óptica Ground Wire</i> , cable de tierra aéreo compuesto de fibra óptica.
OS	Modo Óptico Simple, aplica a fibra óptica monomodo SM.
OS1	Es un cable de fibra con tubo ajustado diseñado para su uso en aplicaciones en interiores.
OSPF	<i>Open Shortest Path First</i> , protocolo de enrutamiento para redes de Protocolo de Internet (IP).
PCM	<i>Pulse-code modulation</i> , modulación por impulsos codificados.
PC's	<i>Personal Computer</i> , Computadoras Personales.
PDU	<i>Protocol Data Unit</i> , unidad de datos de protocolo, s una única unidad de información transmitida entre entidades pares de una red informática.
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> , controlador lógico programable.
PMD	<i>Polarization Mode Dispersion</i> , dispersión del modo de polarización.
PNAF	Plan Nacional de Atribución de Frecuencia.
RF	<i>Radio Frequency</i> , radio frecuencia.
RIP	<i>Routing Information Protocol</i> , es un protocolo de puerta de enlace interna utilizado por los routers o encaminadores para intercambiar información acerca de redes.
RSTP	<i>Rapid Spanning Tree Protocol</i> , es un protocolo de red que garantiza una topología sin bucles para redes Ethernet.
RTU	Dispositivo electrónico inteligente diseñado para realizar funciones de control remoto, medida, registro y transmisión de datos.

SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i> , control de supervisión y adquisición de datos, es un sistema informático para recopilar y analizar datos en tiempo real.
SE	Sub Estación o Subestación.
SEIN	Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú es el conjunto de líneas de transmisión y subestaciones eléctricas conectadas entre sí.
SFP	<i>Small Form-Factor Pluggable</i> , factor de forma pequeño enchufable, es un transceptor compacto de conexión en caliente utilizado tanto para aplicaciones de comunicación como para telecomunicaciones.
SF6	<i>Sulfur hexafluoride</i> , hexafluoruro de azufre, gas de efecto invernadero inorgánico, incoloro, inodoro, no inflamable, no tóxico pero extremadamente potente, y un excelente aislante eléctrico.
SHF	<i>Super High Frequencies</i> frecuencias super altas.
SM	<i>Single Mode</i> , Monomodo.
SMF	Fibra Óptica Monomodo.
SMP	Symmetric Multi-Processing, multiproceso simétrico, trata de un tipo de arquitectura de ordenadores en que dos o más procesadores comparten una única memoria central.
SONET	<i>Synchronous optical networking</i> , red óptica síncrona, son protocolos estandarizados que transfieren múltiples flujos de bits digitales sincrónicamente a través de fibra óptica utilizando láseres o luz altamente coherente de diodos emisores de luz.
SSOMA	Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente.
SX	Modelo que utiliza 850nm de longitud de onda sobre la fibra óptica multimodo.
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol / Internet Protocol</i> , Protocolo de control de transmisión / Protocolo de Internet, es un conjunto de protocolos de comunicación utilizados para interconectar dispositivos de red en Internet.
TDM	<i>Time-division multiplexing</i> , acceso múltiple por división de tiempo, es una técnica que permite la transmisión de señales digitales y cuya idea consiste en ocupar un canal de transmisión a partir de distintas fuentes.

TSP	Proveedor de servicio de telecomunicaciones.
TX/RX	Abreviaturas para transmitir y recibir.
T1	Enlace de transmisión digital con una velocidad total de transmisión y recepción de 1.544 Mbps.
UCI	Unidad Central de Información.
UCS	Unidad Concentradora de Señales.
UHF	<i>Ultra High Frequencies</i> , frecuencias ultra altas.
VHF	<i>Very High Frequencies</i> , frecuencias muy altas.
VLAN	LAN virtual, siendo cualquier dominio de difusión que está particionado y aislado en una red informática en la capa de enlace de datos.
VLF	<i>Very Low Frequencies</i> , frecuencias muy bajas.
VRRP	<i>Virtual Router Redundancy Protocol</i> , protocolo de comunicaciones no propietario definido en el RFC 3768.
WAN	<i>Wide Area Network</i> , red de área amplia, es una red de telecomunicaciones que se extiende sobre una gran área geográfica con el objetivo principal de las redes de computadoras.
ZX	Modelo que utiliza 1550nm de longitud de onda sobre la fibra óptica monomodo.

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.1** Oposición al montaje de las torres eléctricas.
- Figura 1.2** Ubicación inaccesible para el Repetidor.
- Figura 1.3** Nueva distribución de los enlaces inalámbricos.
- Figura 1.4** Ubicación departamental del proyecto.
- Figura 1.5** Ubicaciones de las subestaciones y de la sede principal de Electronorte S.A.
- Figura 2.1** Núcleo y revestimiento de la fibra óptica.
- Figura 2.2** Representación de dos rayos de luz propagándose dentro de una fibra óptica. En esta imagen se percibe el fenómeno de reflexión total en el haz de luz “a”.
- Figura 2.3** Elementos de Radioenlace.
- Figura 2.4** Zona de Fresnel.
- Figura 2.5** Primera y segunda Zona de Fresnel.
- Figura 2.6** La primera Zona de Fresnel.
- Figura 2.7** Ventana principal de Radio link.
- Figura 2.8** Las redes usan dispositivos, medios y servicios.
- Figura 2.9** Modelo TCP/IP.
- Figura 2.10** Modelo OSI.
- Figura 2.11** Direccionamiento de red.
- Figura 2.12** Transporte de datos a través de Internetwork.
- Figura 2.13** Los Gateways permiten las comunicaciones entre redes.
- Figura 2.14** Protocolo de comunicación DNP3 en una subestación.
- Figura 2.15** Protocolo de comunicación IEC 61850 en una subestación.
- Figura 2.16** Protocolo de comunicación IEC 60870-5-104.
- Figura 3.1** Organigrama del proyecto.

- Figura 4.1** Enlace por Fibra Óptica OPGW.
- Figura 4.2** Enlaces por Microondas.
- Figura 4.3** Aplicación del OSPF, calculando las mejores rutas de destino.
- Figura 4.4** Designación de direcciones IP.
- Figura 4.5** Topología de la red de fibra óptica OPGW.
- Figura 4.6** Acometida de fibra óptica ADSS.
- Figura 4.7** Enlace de fibra óptica OPGW, SE La Viña - SE Nueva Motupe.
- Figura 4.8** Enlace de fibra óptica OPGW, SE Nueva Motupe - SE Pampa Pañala.
- Figura 4.9** Esquema lógico cierre de interruptor.
- Figura 4.10** Esquema lógico apertura de interruptor.
- Figura 4.11** Esquema lógico seccionador de barra.
- Figura 4.12** Esquema lógico seccionador de línea.
- Figura 4.13** Esquema lógico cuchilla de tierra.
- Figura 4.14** Diagrama unifilar SE La Viña.
- Figura 4.15** Arquitectura de control, SE La Viña.
- Figura 4.16** Niveles de mando bahía de línea hacia SE Nueva Motupe.
- Figura 4.17** Diagrama unifilar SE Nueva Motupe.
- Figura 4.18** Arquitectura de control, SE Nueva Motupe.
- Figura 4.19** Niveles de mando bahía de línea hacia SE La Viña.
- Figura 4.20** Niveles de mando bahía de línea hacia SE Pampa Pañala.
- Figura 4.21** Niveles de mando bahía del transformador 60/22.9 kV.
- Figura 4.22** Niveles de mando bahía de acople.
- Figura 4.23** Diagrama unifilar SE Pampa Pañala.
- Figura 4.24** Arquitectura de control, SE Pampa Pañala.
- Figura 4.25** Niveles de mando bahía de línea hacia SE Nueva Motupe.
- Figura 4.26** Niveles de mando de celdas de media tensión.
- Figura 4.27** Sistema de monitoreo SCADA, SE Pampa Pañala.

- Figura 4.28** Arquitectura de telecomunicaciones por fibra óptica.
- Figura 4.29** Resultado del análisis radial de línea de vista.
- Figura 4.30** Enlace Principal (P) y Respaldo (R) inalámbricas.
- Figura 4.31** Enlace de microondas, desde sede principal de Electronorte S.A. a subestación Íllimo.
- Figura 4.32** Enlace banda 5.8 GHz SE Nueva Motupe – SE La Viña.
- Figura 4.33** Diagrama de bloques del sistema de microondas.
- Figura 4.34** Estación de la sede principal de Electronorte S.A.
- Figura 4.35** Subestación eléctrica Íllimo.
- Figura 4.36** Subestación eléctrica Pampa Pañala.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Diferentes tipos de fibra SM.
Tabla 2.2	Tipo de fibra en función de la longitud del canal Ethernet.
Tabla 2.3	Clasificación de bandas de frecuencia.
Tabla 2.3	Clasificación de bandas de frecuencia.
Tabla 4.1	Cable de guarda con fibra óptica (OPGW).
Tabla 4.2	Secuencia de maniobras bahía de línea hacia SE Nueva Motupe.
Tabla 4.3	Secuencia de maniobras bahía de línea hacia SE La Viña.
Tabla 4.4	Secuencia de maniobras bahía de línea hacia SE Pampa Pañala.
Tabla 4.5	Secuencia de maniobras bahía del transformador 60/22.9 kV.
Tabla 4.6	Secuencia de maniobras bahía de acople.
Tabla 4.7	Secuencia de maniobras bahía de línea y transformador de potencia.
Tabla 4.8	Enlace radial desde la sede principal a sedes remotas.
Tabla 4.9	Atribución de Bandas de frecuencias.
Tabla 5.1	Monto contractual.
Tabla 5.2	Suministro para el enlace de fibra óptica OPGW: SE La Viña – SE Nueva Motupe.
Tabla 5.3	Suministro para el enlace de fibra óptica OPGW: SE Nueva Motupe – SE Pampa Pañala.
Tabla 5.4	Suministro para el enlace inalámbrico: SE La Viña.
Tabla 5.5	Suministro para el enlace inalámbrico: SE Nueva Motupe.
Tabla 5.6	Suministro para el enlace inalámbrico: SE Pampa Pañala.
Tabla 5.7	Suministro para el sistema de telecomunicaciones en la SE La Viña – Cableado estructurado.

- Tabla 5.8** Suministro para el sistema de telecomunicaciones en la SE Nueva Motupe
– Cableado estructurado.
- Tabla 5.9** Suministro para el sistema de telecomunicaciones en la SE Pampa Pañala
– Cableado estructurado.
- Tabla 5.10** Suministro de equipos y materiales SE Nueva Motupe.
- Tabla 5.11** Suministro de equipos y materiales SE Pampa Pañala.
- Tabla 5.12** Suministro de equipos y materiales SE La Viña.

LISTA DE FUNCIONES DE PROTECCIÓN

21/21N	Protección de distancia
27	Verificador de bajo voltaje
25	Verificador de sincronismo
49	Sobrecarga térmica
50/51	Sobrecorriente de fase instantánea / temporizada
50N/51N	Sobrecorriente de tierra instantánea / temporizada
63	Relé de presión
67	Protección direccional de sobre corriente
67N	Falla a tierra sensible
50BF	Falla del interruptor
59	Sobretensión
79	Recierre de corriente alterna
81	Sobre y baja frecuencia
86	Relé de disparo y bloqueo
87L	Protección diferencial de línea
87B	Protección diferencial de barra
87T	Protección diferencial del transformador

LISTA DE TÉRMINOS

BACKBONE	Se refiere a las principales conexiones troncales de internet.
BACKUP	Copia de seguridad.
BYTE	Conjunto de 8 bits que recibe el tratamiento de una unidad.
CATEGORIA 6A	Es un estándar de cables para Gigabit Ethernet.
ETHERNET	Red informática descentralizada de alcance global.
FACTOR PLUGGABLE	Factor enchufable.
FRAMES	Del inglés, marcos o cuadros, es un procedimiento del lenguaje HTML para dividir la pantalla en diferentes zonas o ventanas.
FRIIS	La fórmula de transmisión de Friis presentada por el Ingeniero de radio danés-estadounidense Harald T. Friis en 1946.
GATEWAY	Puerta de enlace es una pieza de hardware de red.
GOOGLE EARTH	Programa informático que representa una representación 3D de la Tierra basada principalmente en imágenes satelitales.
HOSTING	Es un servicio de red que permite publicar páginas webs, aplicaciones en Internet y muchos más servicios
HOST	Es un ordenador que funciona como el punto de inicio y final de las transferencias de datos.
HUYGENS	Físico y astrónomo holandés que presento el principio de Huygens, cada punto de un frente de onda puede ser considerado como fuente secundaria.

IEC 870-5-103	Es un estándar internacional, permite el acoplamiento de una unidad central a varios dispositivos de protección y se utiliza principalmente en el sector energético.
IEC 870-5-104	Es un estándar internacional, permite la comunicación entre la estación de control y la subestación a través de una red TCP / IP estándar.
INDOOR	Equipos de microondas instalados dentro de racks en una sala para equipos de transmisión (sala de microondas).
INTERNET	Sistema de redes interconectadas mediante distintos protocolos que ofrece una gran diversidad de servicios y recursos.
INTERNETWORK	Técnica para la conexión de diferentes redes mediante el uso de dispositivos intermedios como enrutadores.
MODEM	Dispositivo que convierte las señales digitales en analógicas, o viceversa.
NETWORKING	Conjunto de equipos nodos y software conectados entre sí por medio de dispositivos físicos o inalámbricos, con la finalidad de compartir información, recursos y ofrecer servicios.
OUTDOOR	Equipos de microondas instalados en un tablero preparado para instalaciones al exterior.
PATCH CORD	Cable de conexión también llamado cable de red.
PLUG AND PLAY	Expresión inglesa que significa “conectar y usar”, se refiere a la capacidad de un sistema informático de configurar automáticamente los dispositivos al conectarlos.
PLUG IN	Software fabricado para conectarse a una aplicación preexistente y proporcionarle un conjunto de funcionalidades extra.
RACKS	Termino ingles que se emplea para nombrar a la estructura que permite sostener o albergar un dispositivo tecnológico.
RADIO LINK	Herramienta que permite simular radioenlaces.

RADIO MOBILE	Programa de simulación de radio propagación gratuito que sirve para predecir el comportamiento de sistemas de radio.
RELÉS	Dispositivo electrónico basado en microprocesadores (digitales / numéricos) usados en el sistema de potencia para detectar condiciones anormales y tomar las acciones correctivas.
RESIDENTE	Profesional elegido por el contratista encargado de la obra, para que lo represente en el seguimiento, control y ejecución de la misma.
ROUTER	Dispositivo que permite interconectar computadoras que funcionan en el marco de una red.
SMALL FORM	Forma Pequeña.
SOFTWARE	Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.
SUITE DE PROTOCOLOS	Grupo de protocolos que trabajan en forma conjunta para proporcionar servicios integrales de comunicación de red.
SWITCH	Dispositivo de interconexión de redes informáticas.
T-CARRIER	El T-Carrier es una especificación de hardware para transportar múltiples canales de telecomunicaciones multiplexados
WEB HOSTING	Servicio para tener presencia en internet.
ZONA DE FRESNEL	Espacio entre el emisor de una onda electromagnética, acústica, etc. y un receptor.

ANEXO B: CRONOGRAMA DEL PROYECTO

Id	Mod de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	2016				2017				2018				2019				2020						
						T2	T3	T4	T1	T2	T3																	
1		L.T. 60 KV LA VIÑA	846 días	vie 24/10/14	mié 15/02/17																							
2		Hitos	846 días	vie 24/10/14	mié 15/02/17																							
3		Inicio de Obra	0 días	vie 24/10/14	vie 24/10/14																							
4		Fin de Obras Civiles y Montaje Equipos 60kv	0 días	mié 21/12/16	mié 21/12/16																							
5		Fin de Obra con Pruebas y Puesta en Servicio	0 días	mié 15/02/17	mié 15/02/17																							
6		Ingeniería	20 días	vie 05/02/16	mié 24/02/16																							
9		Procura	815 días	vie 24/10/14	dom 15/01/17																							
10		Suministro Sub Estaciones	623 días	lun 04/05/15	dom 15/01/17																							
29		Suministro Lineas de Transmision	200 días	vie 05/02/16	lun 22/08/16																							
37		Suministros Alimentadores	526 días	vie 24/10/14	vie 01/04/16																							
47		Construccion	760 días	mar 13/01/15	vie 10/02/17																							
48		Linea de Transmision 60 kv la Viña - Nueva Motupe	433 días	vie 23/10/15	mié 28/12/16																							
49		Trabajos preliminares	7 días	vie 23/10/15	jue 29/10/15																							
50		Caminos de acceso	320 días	vie 30/10/15	mar 13/09/16																							
51		Movimiento de tierras	160 días	dom 13/03/16	vie 19/08/16																							
52		Obras de concreto simple	170 días	lun 28/03/16	mar 13/09/16																							
53		Obras de concreto armado	239 días	lun 28/03/16	lun 21/11/16																							
54		Montaje de estructuras de acero	50 días	mar 18/10/16	mar 06/12/16																							
55		Montaje de cadena de aisladores	35 días	mié 15/11/16	lun 19/12/16																							
56		Montaje de conductor y cable de guarda	35 días	mié 16/11/16	mar 20/12/16																							
57		Montaje del ensamble de cable de guarda	35 días	mié 16/11/16	mar 20/12/16																							
58		Sistema de puestas a tierra	30 días	mar 22/11/16	mié 21/12/16																							
59		Pruebas para Puesta en Servicio	3 días	lun 26/12/16	mié 28/12/16																							
60		Linea de Transmision 60 kv Nueva Motupe - Pampa Pañala	482 días	mar 18/08/15	dom 11/12/16																							
61		Trabajos preliminares	7 días	mar 18/08/15	lun 24/08/15																							
62		Caminos de acceso	400 días	mar 25/08/15	mar 27/09/16																							
63		Movimiento de tierras	390 días	dom 30/08/15	jue 22/09/16																							
64		Obras de concreto simple	431 días	mar 01/09/15	vie 04/11/16																							
65		Obras de concreto armado	433 días	mar 01/09/15	dom 06/11/16																							
66		Montaje de estructuras de acero	55 días	dom 18/09/16	vie 11/11/16																							
67		Montaje de cadena de aisladores	28 días	mar 18/10/16	lun 14/11/16																							
68		Montaje de conductor y cable de guarda	35 días	mié 12/10/16	mar 15/11/16																							
69		Montaje del ensamble de cable de guarda	35 días	mié 12/10/16	mar 15/11/16																							
70		Sistema de puestas a tierra	30 días	mié 09/11/16	jue 08/12/16																							
71		Pruebas para Puesta en Servicio	3 días	vie 09/12/16	dom 11/12/16																							
72		Alimentadores en 22,9 Kv - Nueva	130 días	lun 18/07/16	jue 24/11/16																							
73		Trabajos preliminares	3 días	lun 18/07/16	mié 20/07/16																							
74		Instalacion de postes	40 días	mar 02/08/16	sáb 10/09/16																							
75		Instalacion de retenidas	30 días	vie 26/08/16	sáb 24/09/16																							
76		Montaje de armados	40 días	dom 11/09/16	jue 20/10/16																							
77		Montaje de conductores	35 días	vie 16/09/16	jue 20/10/16																							
78		Instalacion de puesta a tierra	40 días	mar 11/10/16	sáb 19/11/16																							
79		Pruebas y puesta en servicio	5 días	dom 20/11/16	jue 24/11/16																							
80		Subestacion Nueva Motupe 60/22,9 Kv	591 días	mié 01/07/15	vie 10/02/17																							

ANEXO C: PANEL FOTOGRÁFICO



Fig. C.1: Vista frontal del equipo de comunicaciones (Switch).



Fig. C.2: Vista posterior del equipo de comunicaciones (Switch).



Fig. C.3: Conexiones de fibra óptica al equipo de telecomunicaciones (Router).



Fig. C.4: Conexiones de alimentación al equipo de telecomunicaciones (Router).



Fig. C.5: Equipos de telecomunicaciones, principal y respaldo (routers)



Fig. C.6: Configuración del switch.



Fig. C.7: Cableado estructurado de los equipos inalámbricos.

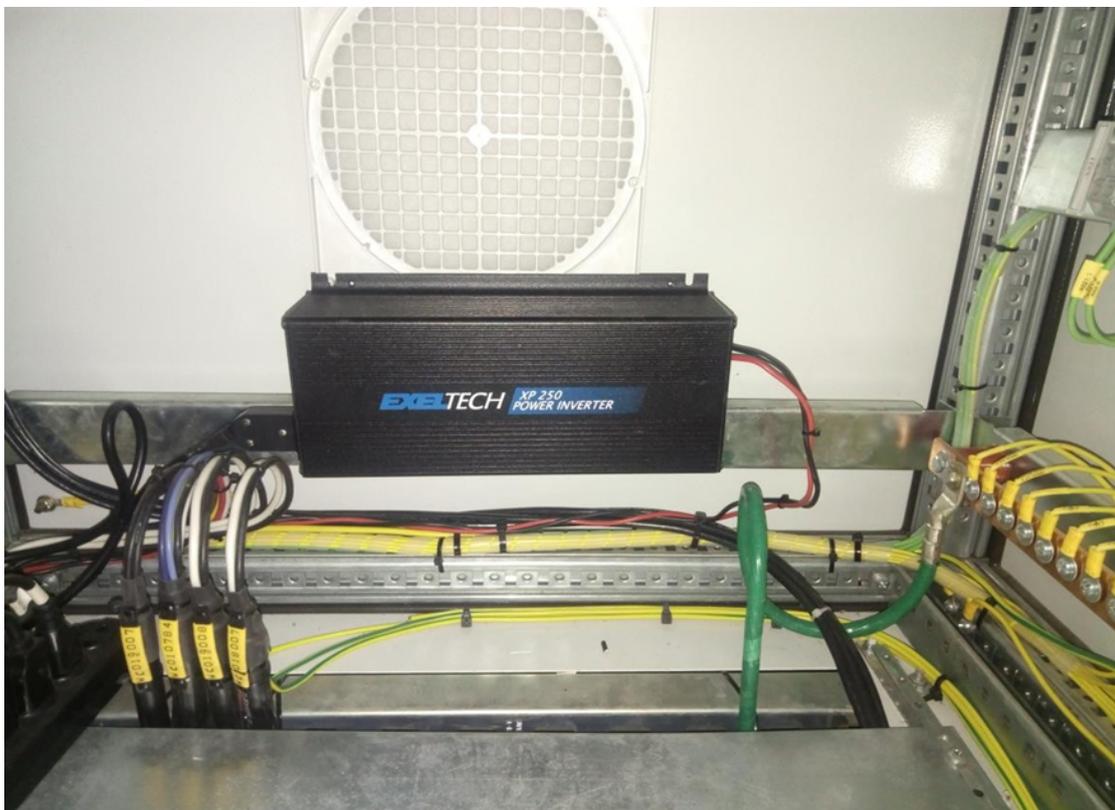


Fig. C.8: Fuente de energía para el equipo inalámbrico.

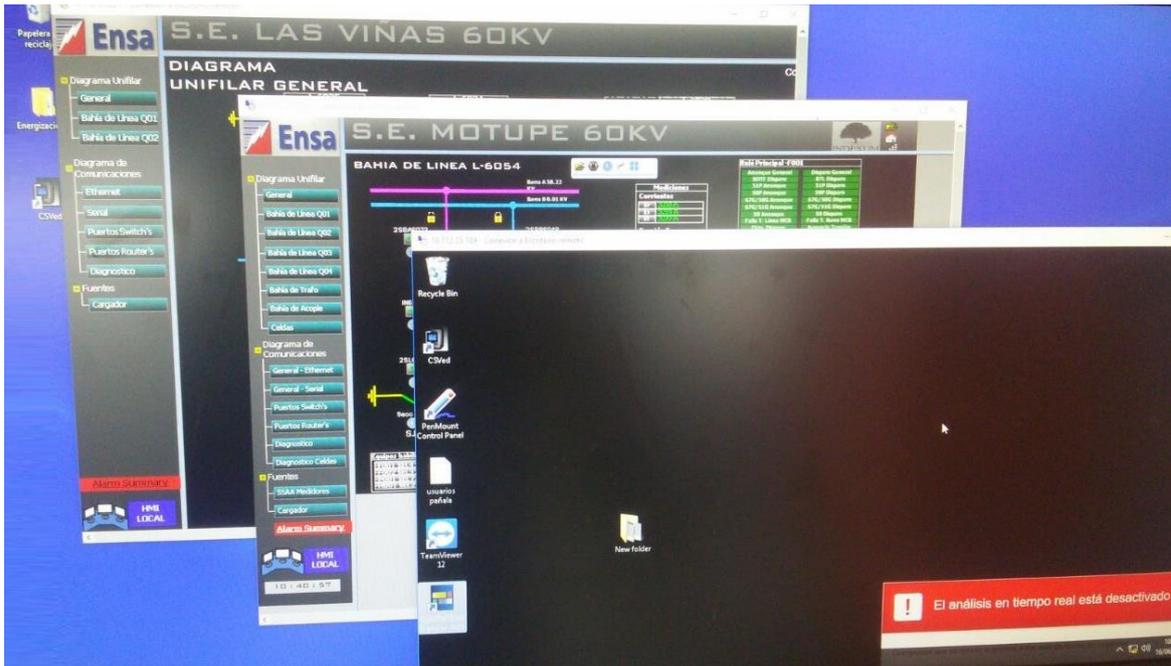


Fig. C.9: Pantalla HMI de la PC estación de trabajo, despliegue de ventanas correspondiente a las subestaciones eléctricas a ser controladas.

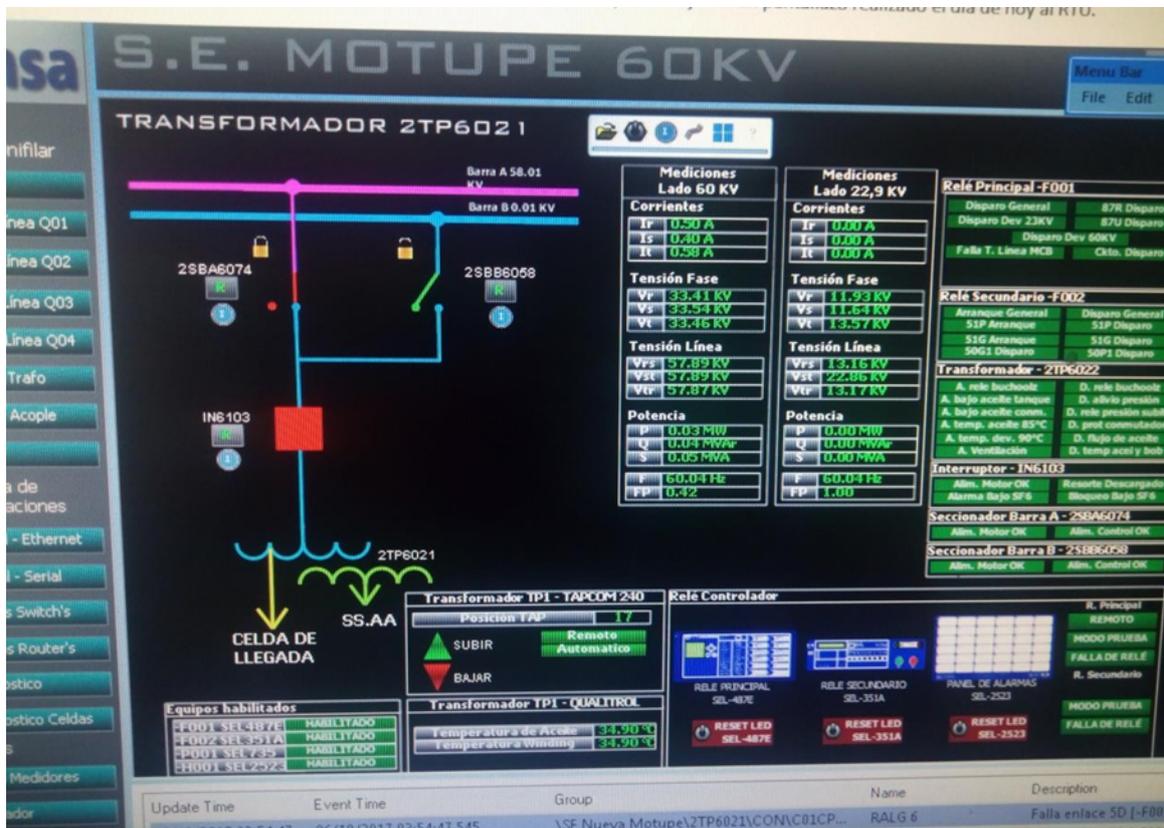


Fig. C.10: Pantalla HMI, diagrama unifilar de la SE Nueva Motupe.



Fig. C.11: Tablero de control de la subestación eléctrica.

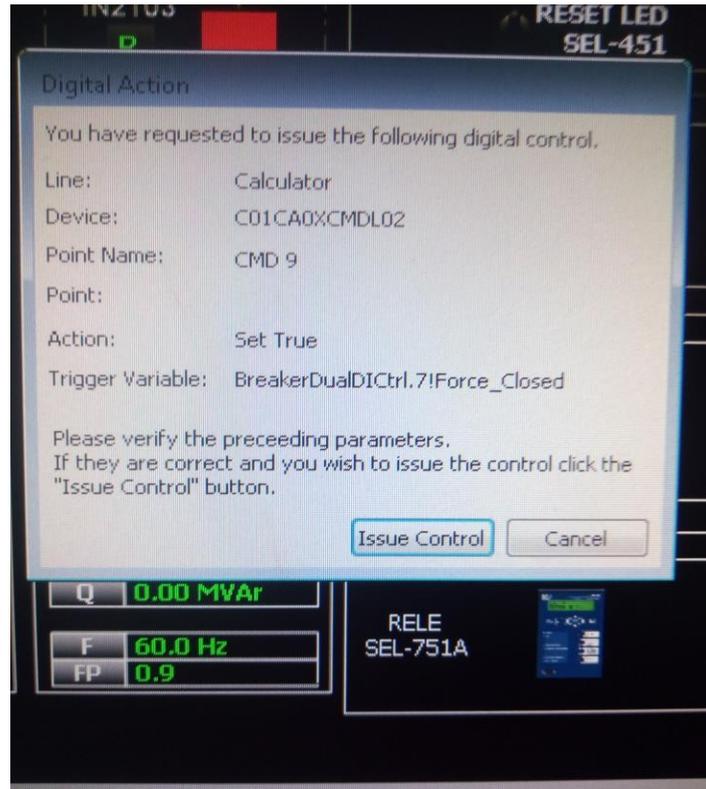


Fig. C.12: Panel de mando para el accionamiento de los equipos de patio.

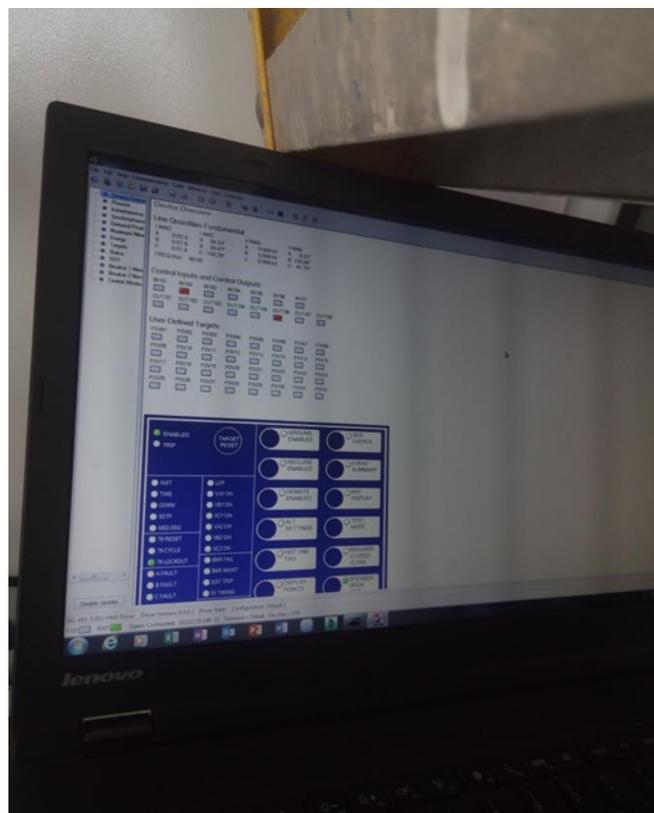


Fig. C.13: Supervisión del estado del relé de protección a través de la PC de control.



Fig. C.14: Equipo GPS en tablero de control



Fig. C.15: Relé de protección de sobrecorriente.



Fig. C.16: Medidor de energía y facturación.



Fig. C.17: Torre de telecomunicaciones, SE La Viña



Fig. C.18: Torre de telecomunicaciones, SE Nueva Motupe.



Fig. C.19: Subestación eléctrica Nueva Motupe



Fig. C.20: Subestación eléctrica Pampa Pañala.