CRITERIOS DE DISEÑO CONTROL, PROTECCIONES Y COMUNICACIONES SUBESTACIÓN

24\_XXX\_OAE07\_XX

www.coordinadorelectrico.cl

ÍNDICE

[1 OBJETIVO Y ALCANCE 4](#_Toc116034573)

[2 CONDICIONES AMBIENTALES 4](#_Toc116034574)

[3 PARÁMETROS DEL SISTEMA ELÉCTRICO 5](#_Toc116034575)

[4 NORMATIVA APLICABLE 5](#_Toc116034576)

[5 DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN 6](#_Toc116034577)

[6 CARACTERÍSTICAS EQUIPOS DE CONTROL, PROTECCION Y MEDIDA 7](#_Toc116034578)

[6.1 CARACTERÍSTICAS DE LA SUBESTACIÓN 7](#_Toc116034579)

[6.2 CARACTERÍSTICAS DE ARMARIOS DE CONTROL, PROTECCIÓN Y COMUNICACIÓN 7](#_Toc116034580)

[6.2.1 REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS Y ACCESORIOS INTERNOS 10](#_Toc116034581)

[6.2.1.1 Regletas Terminales 10](#_Toc116034582)

[6.2.1.2 Interruptores automáticos 10](#_Toc116034583)

[6.2.1.3 Relés Auxiliares 10](#_Toc116034584)

[6.2.1.4 Blocks de Prueba 12](#_Toc116034585)

[7 SISTEMA DE CONTROL 12](#_Toc116034586)

[7.1 NIVELES DE CONTROL DE OPERACION 12](#_Toc116034587)

[7.1.1 MODALIDAD DE CONTROL 13](#_Toc116034588)

[7.2 SISTEMA SCADA 13](#_Toc116034589)

[7.3 SISTEMA DE FACTURACION Y MEDIDA 14](#_Toc116034590)

[7.4 SISTEMA DE PROTECCIONES ELECTRICAS 15](#_Toc116034591)

[7.5 SISTEMA DE PROTECCIONES 16](#_Toc116034592)

[7.5.1 BLOCKS DE PRUEBAS 16](#_Toc116034593)

[8 ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES 17](#_Toc116034594)

[8.1 REQUISITOS FUNCIONALES 19](#_Toc116034595)

[8.1.1 NIVEL 1 19](#_Toc116034596)

[8.1.1.1 Adquisición de datos y comandos 19](#_Toc116034597)

[8.1.2 NIVEL 3 19](#_Toc116034598)

[8.1.2.1 Control de los equipos de la subestación 19](#_Toc116034599)

[8.1.2.2 Seguridad de sistema 20](#_Toc116034600)

[8.1.2.3 Manejo de alarmas 20](#_Toc116034601)

[8.1.2.4 Reportes 20](#_Toc116034602)

[8.1.2.5 Comunicaciones y protocolos 21](#_Toc116034603)

# OBJETIVO Y ALCANCE

El proyecto consiste en el aumento de capacidad de la subestación Cabrero mediante la instalación de un nuevo transformador 66/23 kV y, al menos, 30 MVA de capacidad con Cambiador de Derivación Bajo Carga (CDBC), y sus respectivos paños de conexión en ambos niveles de tensión.

Adicionalmente, el proyecto considera la construcción de una nueva sección de barra de 23 kV, en configuración barra simple, contemplándose la construcción de, al menos, cuatro paños para alimentadores, el paño de conexión del transformador antes mencionado, la construcción de un paño de interconexión con la barra existente y espacio en barra para la construcción de dos paños futuros. Dado los espacios disponibles, el desarrollo de la ampliación de este patio se define como una sala de celdas, que deberá considerar los paños contenidos en esta descripción junto con la construcción de una celda para equipos de medida, la construcción de una celda para servicios auxiliares, y el espacio en la sala para la conexión de posiciones futuras definidas anteriormente.

El presente documento tiene como objetivo establecer los criterios, requerimientos técnicos y las condiciones especiales que se deberán considerar para los diseños de las obras de control, protecciones y comunicaciones correspondientes al proyecto.

# CONDICIONES AMBIENTALES

El proyecto eléctrico se deberá diseñar para funcionar adecuadamente bajo las siguientes condiciones de instalación:

Tabla 1: Condiciones Ambientales

| **PARÁMETRO** | **UNIDAD** | **VALOR** |
| --- | --- | --- |
| Altitud de instalación | m.s.n.m. | 130 |
| Tipo de ambiente | - | Templado lluvioso |
| Temperatura mínima | °C | 0 |
| Temperatura máxima | °C | 30 |
| Temperatura ambiente | °C | 20 |
| Velocidad del viento máxima | Km/h | 100 |
| Radiación solar | kWh/m2/día | 4,01 |
| Tipo de clima |  | Templado lluvioso |
| Humedad relativa | % | 83 |

# PARÁMETROS DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Para el diseño se considerarán los siguientes parámetros eléctricos:

Tabla 2: Características del Sistema de 66 kV

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **PARÁMETRO** | **UNIDAD** | **VALOR** |
| Tensión nominal de servicio | kV | 66 |
| Tensión máxima de servicio | kV | 72.5 |
| Frecuencia | Hz | 50 |
| Puesta a tierra del sistema | - | - |
| Clase de aislamiento a la altura de instalación | kV | 72.5 |
| Sobrevoltaje de impulso | kVpeak | 325 |
| Nivel de contaminación ambiental Según IEC 60815:2008 USCD de acuerdo estándar vigente | mm/kVf-t | d |

Tabla 3: Características del Sistema de 23 kV

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **PARÁMETRO** | **UNIDAD** | **VALOR** |
| Tensión nominal de servicio | kV | 23 |
| Tensión máxima de servicio | kV | 25.8 |
| Frecuencia | Hz | 50 |
| Puesta a tierra del sistema | - | Directa |
| Clase de aislamiento a la altura de instalación | kV | 25.8 |
| Sobrevoltaje de impulso | kVpeak | 145 |
| Nivel de contaminación ambiental Según IEC 60815:2008 USCD de acuerdo estándar vigente | mm/kV | d |

# NORMATIVA APLICABLE

Para ejecutar los trabajos se debe implementar las normas, códigos y cualquier otro documento relacionado que se nombren en estas Especificaciones, siempre que corresponda. Además, se deben seguir las indicaciones del Inspector en Jefe. A continuación, se listan las instituciones que emiten las normas citadas en este documento:

* INN Instituto Nacional de Normalización.
* ASTM American Society for Testing and Materials.
* SEC Superintendencia de Servicios Eléctricos y Combustibles Chile.
* NEC National Electrical Code.
* NESC National Electrical Safety Code.
* ANSI American National Standards Institute.
* IEC International Electrotechnical Commission.
* ICEA Insulated Cable Engineers Association.
* HSEC Programa HSEC del Proyecto.
* NFPA National Fire Protection Association.
* IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers.
* AISI American Iron and Steel Institute.
* ASME American Society of Mechanical Engineers.
* AWS American Welding Society.
* ISA Instrument Society of America.
* UL Underwriter's Laboratories.
* DIN Deutsche Industrie Norm.
* DIA Declaración Impacto Ambiental
* NEMA National Electrical Manufacturer´s Association.
* RIC Pliego Técnico Normativo RIC Nº 1 al Nº19.
* RPTD Pliego Técnico Normativo – RPTD Nº11 Líneas de alta y extra alta

Tensión.

* NTSyCS Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio”, (CNE).
* ANEXO TÉCNICO Exigencias Mínimas de Diseño de Instalaciones de Transmisión
* Requerimientos Operacionales, según los Reglamentos del CEN.

En caso de discrepancia entre las normas se aplicará la más exigente

El Proveedor debe indicar cual o cuales de las normas anteriores utiliza en la fabricación y pruebas del suministro.

Para las publicaciones indicadas se empleará la edición más reciente al momento en que esta especificación es emitida para construcción, si una de ellas pierde su vigencia, se considerará como válida aquella que la reemplaza

# DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN

La subestación Cabrero, propiedad de Sistema de Transmisión del Sur (STS), actualmente cuenta con un patio de 66 kV configuración en barra simple con dos (2) paños de línea, dos (2) paños de transformación con transformador T1 de 69/13.8kV 12-16MVA ONAN-ONAF y transformador T2 T1 de 69/24kV 12-16MVA ONAN-ONAF, una barra de 23kV en patio abierto en configuración barra simple más barra de transferencia, una barra de 13.2kV en configuración barra simple, como se detalla a continuación:

* Paño de Línea BL hacia S/E Charrúa
* Paño de Línea B3 hacia S/E Masisa
* Paños de transformador de potencia T1 69/13.2 kV 16MVA, BT1 y CT1.
* Paños de transformador de potencia T1 69/24 kV 16MVA, BT2 y ET2.
* Alimentadores 13.2kV, C1 Coelcha y C5 Cabrero.
* Alimentadores 23kV, E1 Laja, E2 Bulnes, E3 Cabrero y E4 Yumbel.

En vista del crecimiento de la demanda proyectada y las solicitudes de factibilidades, STS ha propuesto el proyecto de ampliación de la subestación, incluyendo un nuevo transformador T3 69/24 kV de 12-16MVA ONAN-ONAF asociado a una a nueva sección de barra de 23kV en configuración barra simple en tecnología de celdas indoor.

# CARACTERÍSTICAS EQUIPOS DE CONTROL, PROTECCION Y MEDIDA

## CARACTERÍSTICAS DE LA SUBESTACIÓN

Las siguientes instalaciones de la Subestación Cabrero, serán intervenidas como parte del proyecto:

**Instalación de Nuevo equipos:**

* Paño BT3: Habilitación de paño de Transformación 69/24kV en nueva posición.
* Transformador de Poder T3 Transformador de Poder 69/24kV, 12-16 MVA, ONAN - ONAF con CDBC.
* Barra 23kV en configuración barra simple en celdas de media tensión indoor.
  + Paño ET3: Paño transformador T3
  + Paño ES: Seccionador
  + Paño E6: Nuevo alimentador
  + Paño E7: Nuevo alimentador
  + Paño E8: Nuevo alimentador
  + Paño E9: Nuevo alimentador
  + Paño ETPB2: Potenciales de Barra Sección N°2:
  + Paño ESSAA: Transformador de Servicios Auxiliares (SSAA) y equipos asociados.
* Plataforma y urbanizaciones asociadas.
* Obras complementarias.

## CARACTERÍSTICAS DE ARMARIOS DE CONTROL, PROTECCIÓN Y COMUNICACIÓN

Los armarios metálicos contemplan, adicionalmente a los equipos C&P, elementos menores como relés auxiliares, regletas, interruptores termomagnéticos, etc.

Los equipos principales se ubicarán en la placa frontal metálica. Los equipos de control y protección deberán ser funcionales, de tecnología numérica, bajo consumo y diseño modular. Deben tener conexión por la parte posterior, ser apropiados para montaje en bastidores de 482,6 mm (19”) y suministrados con los accesorios para montaje en rack de 19”.

Los módulos electrónicos deben ser del tipo extraíble, que puedan ser retirados sin necesidad de cortocircuitar el secundario de los transformadores de corriente o desconectar los cables externamente o utilizar selectores para desconexión.

Los equipos que requieran rearmado deben ser realizados en forma local y/o remota. Los contactos de salida deberán ser rápidos y con capacidad suficiente para abrir interruptores, energizar bobinas de disparo, relés auxiliares, relés de disparo y bloqueo, lámparas de señalización, etc. Cada salida del relé se debe activar/desactivar simultáneamente con el enganche/desenganche de la variable asignada a dicha salida con una diferencia máxima de 5 ms.

Los armarios serán entregados completamente armados, alambrados, probados y listos para su instalación. El desarme para el transporte deberá ser solamente por seguridad de manejo y para una adecuada protección en el traslado, y bajo las restricciones de transporte aprobadas por el MANDANTE.

Los armarios metálicos deberán construirse con zócalo de 100 mm, grado de protección IP55, armazón/techo/dorsal con espesor mínimo de 1,5 mm, puerta de 2,0 mm y placa de montaje de 3,0 mm. Color tipo RAL 7035.

Las dimensiones mínimas aproximadas serán de 2000x800x800 mm (alto x ancho x profundidad). Las dimensiones reales deberán ser confirmadas o modificadas por el fabricante y aprobadas por el MANDANTE.

Los armarios con puerta frontal exterior de vidrió serán abatible en 120°, tipo Rittal o equivalente.

El panel interior para montaje de los equipos será abatible, con calefactor interno y termostato y dispositivo para control de humedad interna, luminaria interna con switch de puerta, enchufe 220 VCA interior con toma de tierra, interruptor termomagnético 6 A, para protección de circuitos internos en CA. Se deberá incluir barra para conexión a tierra de alambrado interior, para conexión del blindaje de cables y conexión a tierra; también elementos de transporte para izamiento y entrada de cables por abajo y por arriba.

Los planos de alambrado de los paneles serán suministrados oportunamente, debiendo el fabricante atenerse estrictamente a ellos. En todo caso, el fabricante, en base a su experiencia, podrá sugerir modificaciones que conlleven a optimizar los alambrados, disposiciones y espacios. Estas sugerencias serán previamente aprobadas por el MANDANTE.

También el fabricante deberá aportar cualquier elemento mecánico de soporte adicional que algún equipo pudiera requerir para un correcto montaje.

La identificación de bornes y conductores de regletas terminales se efectuará con marcas claras e indelebles, según lo indicado en los planos.

El fabricante deberá proveer, además, todas las planchuelas de identificación de equipos y circuitos, conforme a lo indicado en planos.

Serán de lamicoid negro con letras blancas bajo relieve y se fijarán mediante un adhesivo adecuado, de dimensiones 150 x 30 mm que indique el nombre del equipo y número de Tag, en caracteres no menores a 12,5 mm.

Oportunamente el MANDANTE entregará un listado con las designaciones a emplear en estas planchuelas

Los cables y conductores por emplear en los alambrados de control y fuerza serán tipo multihebras, retardantes a llama y libres de halógenos, con las siguientes características:

* Aislación: 600 Vca.
* Sección Mínima:
* Control: Nº 14 AWG.
* Circuitos de tensión y corriente: Nº 12 AWG.
* Fuerza: N° 12 AWG
* Alumbrado: Nº 14 AWG.
* Motores: N° 8 AWG
* Color:
* Aislación:
  + Control: Gris.
  + Tensión y corriente: Negro
* Tierra: Verde.
* Terminal del conductor: Conectores de compresión
* Identificación de conductor: Ubicado en los dos extremos con marcas termo contraíbles.
* Identificación de circuitos: Manguitos de color para diferenciar circuitos de alimentaciones.

Todas las conexiones de alambrado se efectuarán a través de regleta de terminales, no se deberá alambrar más de dos conductores por cada terminal y las uniones de cables se efectuarán empleando regleta de terminales.

Las canalizaciones de fuerza y de control al interior de los armarios, deberán ser totalmente independientes entre sí. Todo el alambrado deberá ser canalizado mediante bandejas plásticas con tapas, las cuales deberán quedar ocupadas hasta en un máximo de 50% de su capacidad. Para la canalización de los conductores que provienen desde el exterior deberán suministrarse grillas o bandejas plásticas con tapas; en caso de que el suministro considere bandejas plásticas para este propósito, las dimensiones mínimas serán de 125 x 87,5 mm.

Los haces de conductores que conectan partes fijas con móviles deberán ser a base de cables extraflexibles y deberán protegerse con fundas u otras soluciones, igualmente flexibles.

Las conexiones externas se realizarán a través de regleta de terminales, excepto donde se especifique otro dispositivo.

Las cantidades definitivas de interruptores automáticos y relés auxiliares quedarán determinadas con la entrega de los planos de alambrado, por lo tanto, el proveedor deberá indicar precios unitarios para estos elementos.

## REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS Y ACCESORIOS INTERNOS

#### Regletas Terminales

Para los circuitos de control los terminales deberán ser del tipo atornillado para conectar conductores Nº 14 hasta Nº 6 AWG de sección, tipo UK 10N marca PHOENIX o equivalente y tipo MTKP-P/P donde se indique. Para las entradas digitales de protecciones y controladores se deberán utilizar terminales tipo MTKP-P/P.

Para las corrientes y potenciales se exigirán terminales seccionables tipo URTK/S, marca PHOENIX.

#### Interruptores automáticos

Los interruptores automáticos para corriente continua de los armarios tendrán las siguientes características eléctricas mínimas:

* Dos (2) polos, corriente nominal de acuerdo con planos unilineales, capacidad de ruptura nominal 10 kA, voltaje de trabajo 125 Vcc, del tipo con base y cubierta moldeada, apertura térmica por sobrecarga y magnética por cortocircuito, mecanismo de "trip free".
* Dos (2) contactos auxiliares, uno tipo "a" y uno tipo "b", para señales de operación y disparo, los cuales deberán quedar alambrados a regleta de terminales.

#### Relés Auxiliares

Los relés auxiliares que se incorporen en los armarios deberán ser de las siguientes características mínimas:

1. Características Generales

Los relés deberán estar de acuerdo con la norma IEC 61810. Cada relé deberá venir equipado con la cantidad de cuatro contactos N.A. y cuatro contactos N.C. cada uno de ellos independientes, y de acuerdo con las siguientes características de operación:

* Tensión Nominal: 125 Vcc.
* Rango de operación de contactos: 0.8 a 1.1 Vn.
* Capacidad de bobina: 10 A.
* Capacidad de contactos: 10 A.
* Tensión máxima de contactos: 250 Vcc.
* Relés de conmutación ultra rápida en caso de ser necesario.

1. Protección

La parte activa de los relés (bobinas y contactos) deberá estar protegida con una cubierta de material plástico resistente a los impactos, no combustibles de alta rigidez y estanca al polvo. No deberá sufrir distorsiones a las temperaturas normales de servicio y anormales de hasta 70ºC.

1. Bornes

Los bornes de los relés deberán ser aptos para la conexión de hasta dos conductores Nº 14 AWG (2 mm²) con terminales de compresión en sus puntas. No se aceptarán relés para conexiones soldadas o enchufables.

1. Montaje

Todos los relés del tipo enchufable con piezas de sujeción que aseguren su fijación en caso de movimientos sísmicos o roces involuntarios y asegurar una buena conexión entre el relé y su base. Las bases deberán ser para montaje rápido sobre riel de acero simétrico norma DIN y cuando se indique (Ej: Relé biestable con fin de relé maestro) deben permitir ser montados en panel.

#### Blocks de Prueba

Los bloques de prueba desarrollar las labores de mantenimiento y puesta en servicio. Los bloques de pruebas deberán tener las siguientes características:

* Tener puntos efectivos de prueba con una sola bandeja sobre el block de pruebas, (lo que permite una mayor segregación de funciones).
* Para los disparos se deben emplear los blocks de tipo cuchillas.
* Los disparos se aíslen automáticamente con la inserción de la bandeja.
* Las corrientes se cortocircuitan manualmente por medio de chicotes con la inserción de la bandeja.
* Los voltajes se abren automáticamente con la inserción de la bandeja.
* A la extracción de la bandeja repone corrientes y voltajes y se enclava mecánicamente, asegurando que el relé se ha repuesto antes del desbloqueo mecánico de la bandeja.
* Se deberá disponer de un contacto adicional para indicarle a la protección que se encuentra en prueba.
* Cualquier otro bloque de prueba deberá cumplir con los mismos requerimientos.

# SISTEMA DE CONTROL

Se contempla un único esquema de control que monitoree y opere remotamente los equipos asociados a cada paño, con el objeto de separar los mandos operacionales de los de protecciones, además de aprovechar las ventajas de flexibilidad y seguridad en las intervenciones que esto implica. Dicho esquema será el encargado de reportar la información que se estime pertinente al sistema de control implementado por el MANDANTE

## NIVELES DE CONTROL DE OPERACION

El diseño de las instalaciones contemplará las facilidades para la supervisión de variables de estado y control de los equipos, correspondiente a tres (3) niveles de control (ver fig 1.0), los cuales se describen a continuación:

* Nivel 0: Control local inmediato, que se realiza físicamente en cada interruptor y caja de control de desconectador.
* Nivel 1: Control en sala de mando. Se realizarán comandos desde el HMI provisto en cada controlador de paño. Este nivel tendrá la función obtener la información desde campo y permitirá la visualización de alarmas, estados, realizar enclavamientos, entre otros, asociado al paño que al que se encuentre asignado. En este nivel, para los paños de alta tensión, existirán esquemas de control redundantes, uno en permanente operación y el otro como respaldo.
* Nivel 2: HMI en sala de comando. Este nivel tendrá como función ejecutar comandos y visualizar las alarmas, estados, entre otras; de toda la subestación
* Nivel 3: Telecontrol el MANDANTE



Fig. 1.0

### MODALIDAD DE CONTROL

La filosofía de operación establece que, si un nivel jerárquico está habilitado para operación, los niveles superiores a éste se encontrarán bloqueados para ello.

Se utilizará Control local (Comandos desde HMI en armario Scada) y telecontrol por medio de 2 equipos con funciones de controlador de paño, funcionando Hot/Stand-by (protección S2 del paño), utilizando protocolo de comunicaciones IEC 61850 para la subestación y DNP3.0 para la comunicación hacia el centro de operación centralizado.

## SISTEMA SCADA

El tercer nivel, nivel de control de la subestación, se encuentra relacionado con las tareas de operación y monitoreo de la subestación.

La arquitectura típica está integrada básicamente por las estaciones de operación, gateways, hubs de fibra óptica y receptor de sistema de posicionamiento global (GPS).

A este nivel los operadores de las subestaciones ordenan las maniobras de apertura y cierre de interruptores y/o seccionadores, se monitorea el estado de los parámetros propios del sistema que exige la NTS&CS, tales como:

* Tensiones de barra.
* Corriente en las salidas.
* Potencias entregas y recibidas.

Todo esto a través de interfaces hombre-máquina de alto nivel, utilizando un software SCADA para la subestación. Además de esto, en el ámbito de control de la subestación, el SCADA local del sistema de control puede realizar funciones automáticas de control y supervisión. El equipo receptor GPS proporciona una referencia de tiempo precisa para ser utilizada por las estaciones de operación, el gateway, y por los IEDs de protección y control para el estampado de tiempo en las secuencias de eventos.

## SISTEMA DE FACTURACION Y MEDIDA

El equipo de facturación deberá ser un medidor de energía de alta exactitud, con la clase indicada en los planos unilineales, además proporcionará un análisis de las variables eléctricas y será capaz de realizar mediciones y registros de energía en tiempo real.

Diseñado especialmente para satisfacer los estándares del mercado mundial, sus principales características serán las siguientes:

* Exactitud de acuerdo con la norma IEC 62053-22 clase 0,2S.
* Mediciones en los cuatro cuadrantes.
* Clase A para calidad de energía según norma IEC61000-4-30.
* Capacidad de 12 canales de almacenamiento como mínimo.
* Auto calibración.
* Diagnóstico de circuitos.
* Totalización de registros.
* Registrador de datos y eventos.
* Registrador de oscilografías.
* Medidas de energía:
* KWh entregado y recibido.
* KVAh y KVARh entregados y recibidos.
* Volt-Hrs y Amp-Hrs.
* Integración de cualquier medida instantánea.
* Mediciones de demanda.

Permite las modalidades block demand, block rolling demand, predicted

* Demanda.
* KW, KVAR, KVA, mínimo/máximo.
* Amperes, volts, mínimo/máximo.
* Cualquier medida instantánea.
* Medidas instantáneas.
* Voltaje y corriente.
* KW y KVAR.
* KVA.
* FP y frecuencia.
* Componentes de secuencia positiva, negativa y cero de corrientes y voltajes.
* Diagrama fasorial.
* Análisis de calidad de servicio.
* Medición de armónicas.
* Medición individual de cada armónica e incluyendo magnitud y ángulo.
* Totalización de armónicas pares.
* Totalización de armónicas impares.
* Factor K y Factor de Cresta.
* Alimentación: 85 a 240 Vca o 110 a 300 Vcc.
* Comunicaciones:
* Puerto frontal óptico ANSI tipo II.
* Puerto RS-232.
* Puerto RS-485.
* Puerto RJ45, 10BASET/100BASETX.
* Sincronización horaria IRIG-B o NTP.
* Protocolo de comunicación DNP 3.0.
* Funcionalidad de Webserver.

## SISTEMA DE PROTECCIONES ELECTRICAS

Las protecciones serán del tipo digital, programables en el panel y alternativamente desde un computador personal, para lo cual se deberán entregar los programas correspondientes en formato digital además de traspasar las licencias de uso, manuales, etc. Asimismo, las protecciones deberán almacenar los últimos eventos con sus principales características para ser consultadas tanto por pantalla como por un computador personal, para lo cual se deberán entregar los programas correspondientes.

Las protecciones tendrán una puerta serial para comunicación en línea con el sistema de control.

Las protecciones deberán tener sistema de sincronización vía GPS y lectura remota vía TCP/IP.

## SISTEMA DE PROTECCIONES

El diseño de las protecciones eléctricas de los equipos e instalaciones deberá asegurar la correcta operación de los esquemas de protecciones, para los niveles de cortocircuito mínimo y máximo previstos.

El sistema de protecciones deberá cumplir con lo estipulado en la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio (NTSyCS).

El sistema de protecciones deberá asegurar el despeje de la falla con el mínimo de perturbación en el sistema y/o las instalaciones no falladas. Las protecciones consideradas para este proyecto son las siguientes:

* Incorporación de paño BT3 a Protección diferencial de barra para 66 kV existente.
* Protección principal del paño BT3, con función principal 87T para transformador T3.
* Protección secundaria del paño BT3, con función principal 21T para transformador T3.
* Protección de sobrecorriente para paño ET3.
* Protección de sobrecorriente para paños E6, E7, E8, E9 y ES.

En casos particulares de alimentación en AT desde otras empresas de transmisión, se deberán habilitar esquemas de protecciones que permitan asegurar un adecuado despeje de corrientes de cortocircuito desde y hacia instalaciones de esas empresas, tanto en caso de fallas en instalaciones del MANDANTE. como de la que entrega el suministro.

Dependiendo de las exigencias de esas empresas suministradoras, las líneas de AT podrán tener sistemas de protección de distancia multifunción redundantes. Adicionalmente ambas protecciones tendrán habilitadas sus unidades de sobrecorriente como protecciones de respaldo y respaldo redundante respectivamente.

En otros casos de las líneas muy cortas, se considerará usar Protección Diferencial de Línea, la que deberá incluir el enlace de comunicaciones en los extremos de la línea.

### BLOCKS DE PRUEBAS

Cada una de las protecciones y medidores de facturación incluirá un block de pruebas para su mantención y verificación, se consideran 3 tipos:

* Para variables analógicas de voltaje y corriente en protecciones. Es utilizado para realizar intervenciones en los circuitos de corrientes y potenciales en los equipos de protección en instancias de mantenciones o pruebas de rutinas. A través de una bandeja de prueba dedicada, es posible cortocircuitar los circuitos de corrientes hacia los TT/CC y abrir los circuitos de potenciales de los respectivos TT/PP, además, de dejar disponible los circuitos hacia la protección para realizar inyecciones con una caja de pruebas.
* Los contactos del bloque de prueba definidos para circuitos de corrientes hacia campo (patio) son: 21, 23, 25, 27.
* Los contactos del bloque de prueba definidos para circuitos de potenciales hacia campo (patio) son: 1, 3, 5, 7.
* Los contactos del bloque de prueba definidos para circuitos de corrientes hacia protección (armario de protección) son: 22, 24, 26, 28.
* Los contactos del bloque de prueba definidos para circuitos de potenciales hacia protección (armario de protección) son: 2, 4, 6, 8.
* FT-10 o similar: para variables digitales de TRIP, Teleprotecciones y arranques. Este block de prueba es utilizado para realizar intervenciones en los circuitos de disparos, arranque, señales de teleprotecciones (según corresponda) en instancias de mantenciones o pruebas de rutinas. A través de los cuchillos disponibles es posible interrumpir los respectivos circuitos evitando de esta manera posibles disparos durante pruebas o simulaciones.
* Los contactos del bloque de prueba definidos como remoto (hacia otro equipo) son: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20.
* Los contactos del bloque de prueba definidos como local (hacia la protección) son: 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 y 19.
* Areva MMLG o similar: para variables analógicas de voltaje y corriente en equipos de facturación. Este bloque de prueba es utilizado para realizar intervenciones en los circuitos de corrientes y potenciales asociados a equipos de facturación en instancias de mantenciones o pruebas de rutinas. A través de una bandeja de prueba dedicada, es posible cortocircuitar los circuitos de corrientes hacia los TT/CC y abrir los circuitos de potenciales de los respectivos TT/PP, además, de dejar disponible los circuitos hacia el equipo de facturación para realizar inyecciones.
* Los contactos del bloque de prueba definidos para circuitos de corrientes hacia campo (patio) son: 21, 23, 25 y 27.
* Los contactos del bloque de prueba definidos para circuitos de potenciales hacia campo (patio) son: 1, 3, 5 y 7.
* Los contactos del bloque de prueba definidos para circuitos de corrientes hacia protección (armario de protección) son: 22, 24, 26 y 28.

Los contactos del bloque de prueba definidos para circuitos de potenciales hacia protección (Armario de protección) son: 2, 4, 6, 8.

# ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES

La comunicación en las subestaciones dependerá del tipo de control que se usará, entre los que están base a una RTU o Gateway como equipos concentradores de datos y a controladores de paño y protecciones para suministro de la información.

Para los paños de transformación AT y MT se contará con un controlador de paño el cual poseerá control de respaldo a través de una de las protecciones del mismo paño.

La comunicación y automatización de la subestación se realizará a través de los controladores y protecciones con función de control de cada paño, los que deben operar sobre protocolos IEC 61850, DNP3.0 sobre TCP/IP y permitir la conversación de estos protocolos. Todos los IED’s se conectarán en red para efectuar labores de supervisión, automatización, medición y control.

El armario de Scada debe contener los equipos necesarios para la red y desarrollo físico de la comunicación entre los controladores de paño y protecciones de la subestación. La configuración de la arquitectura de comunicaciones deberá ser de tipo estrella redundante.

La red LAN de la subestación deberá ser implementada mediante Switches Ethernet, los cuales deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

* Tipo industrial y operar confiablemente en el ambiente electromagnético presente en las subestaciones en rangos de operación de temperatura extendida.
* Certificados para uso en aplicaciones de subestaciones con protocolo IEC 61850.
* Entradas de alimentación de corriente continua redundantes.
* Tipo administrable con SNMP.
* Tener las siguientes funciones:
* Manejo de prioridades, según norma IEEE 802.1p.
* Soporte de VLAN, según norma IEEE 802.1Q.
* Señalización de falla mediante watchdog y SNMP.
* Manejo de redundancia y re-enrutamiento.
* Protocolo MRP.
* Protocolo RSTP según norma IEEE 802.1w.

Adicionalmente, la subestación deberá incluir la sincronización horaria que se realizará desde el SCADA de STS a través de la red Ethernet para los equipos de la subestación; en particular debe sincronizar la hora de los medidores de facturación, o mediante Reloj GPS de la subestación.

Las protecciones deberán incluir su propia Unidad de Referencia de Tiempo (URT) para sincronizar la hora de todos los IED´s de protecciones de la subestación para efectos de mantener la precisión de la marcación de la hora de los eventos usando el protocolo IRIG-B o PTP. La URT deberá proporcionar señales de referencia de tiempo para la sincronización de la hora con base en el sistema de satélites GPS.

El sistema de sincronización de la hora deberá garantizar que no exista una diferencia de la hora entre equipos mayores a 1 ms. La URT deberá incluir un display alfanumérico que muestre la hora exacta, así como indicación del estado de enganche del reloj con los satélites GPS.

## REQUISITOS FUNCIONALES

### NIVEL 1

## Adquisición de datos y comandos

La arquitectura de comunicación deberá intercambiar directamente la siguiente información de los IED’s a través de los Switch de comunicación.

La adquisición de las variables eléctricas para los controladores y medidores de facturación deberán realizarse mediante entradas directas de tensión y corriente. La información de las medidas desde los medidores de facturación y/o controladores deberá ser transmitida en tiempo real y en unidades de ingeniería al Nivel 2 y 3 de control.

Los controladores deberán tener la capacidad de almacenamiento de información al igual que el medidor de Facturación.

Enclavamientos de Operación

Esta función deberá evaluar el estado (abierto/cerrado) de todos los equipos de maniobra involucrados en cada operación o maniobra, y otras condiciones como comandos en proceso, existencia de tensiones de línea, protecciones no operadas, entre otros.

Una vez que se cumplan todas las condiciones de operación, se deberá habilitar la emisión del comando correspondiente, proveniente de los Niveles 1 a 3.

En el controlador de cada paño en este nivel deberá generar una alarma cuando no se pueda emitir un comando porque no se cumplen las condiciones de enclavamiento.

Cada controlador de paño deberá adquirir en tiempo real, ya sea directamente o a través de la red de datos, todas las señales que requiera para la función de enclavamientos. Cuando no disponga de alguna señal, el controlador de paño deberá marcarla como no válida, y deberá inhibir el mando de los equipos para los que se requiera la información no disponible.

Los desconectadores de puesta a tierra solo podrán ser comandados desde los Niveles 0,1 2 y 3; sin embargo, en el SCADA se deberá disponer de la lógica de enclavamientos para estos equipos, de tal manera que se muestren las condiciones de enclavamiento.

### NIVEL 3

## Control de los equipos de la subestación

Las siguientes son las operaciones que deben poderse realizar desde el SCADA Nivel 3.

* Selección de despliegues.
* Ejecución de comandos (usando el principio seleccionar antes de ejecutar).
* Manejo de alarmas.
* Generación de reportes.

## Seguridad de sistema

En las estaciones de operación se deberá disponer de los siguientes niveles de seguridad para controlar el acceso a los despliegues, datos, funciones y facilidades del sistema. Se deberá asignar a cada usuario un nombre y una contraseña, los cuales estarán asociados a un nivel de seguridad.

* Visualización: Solo visualización de información y navegación por los despliegues. No requerirá de nombre de usuario ni contraseña.
* Operación: Visualización, navegación, generación de comandos, cambio de modos de operación, reconocimiento de alarmas y selección de programas de aplicación.
* Ingeniería y Administración: Además de las anteriores, realización de cambios en la configuración y funcionalidad del sistema. Adición, modificación y borrado de códigos de acceso, mantenimiento y administración general del sistema.

## Manejo de alarmas

Se realizará mediante una interfaz gráfica ubicada en el armario SCADA se tendrá un área asignada para mostrar las últimas alarmas ocurridas. Además, se tendrá un despliegue de lista de alarmas que incluirá todas las alarmas activas tanto reconocidas como no reconocidas, y las alarmas ya desactivadas, pero no reconocidas. En esta lista se deben mostrar en colores distintos las alarmas activas no reconocidas, las alarmas activas reconocidas y las alarmas inactivas no reconocidas. Las alarmas se borran de la lista cuando ya han retornado a la condición normal y han sido reconocidas.

Cada vez que se origina una señal de alarma, se debe presentar en el controlador del paño correspondiente y en el interfaz gráfico del armario Scada y se debe generar una señal de alarma audible. La señal audible podrá ser silenciada por el operador, pero se activará nuevamente tan pronto llegue una nueva alarma.

En los Niveles 2 y 3 se debe poder definir cuales eventos se clasifican como alarmas. Los eventos considerados como alarmas serán, entre otros, los siguientes:

* Fallas en los equipos de la subestación.
* Violación de valores límites preestablecidos para las variables de medida.
* Eventos de los relés de protección.
* Fallas en los equipos IED´s.
* Fallas de IT y TM, circuitos de control, alimentación, potenciales, entre otras.

## Reportes

Los controladores de paño deberán generar diferentes clases de reportes que podrán ser presentados al SCADA o programados para ser generados, almacenados en forma periódica automática. Estos reportes podrán generarse con información tanto de la base de datos histórica como de tiempo real.

Los reportes deberán poderse programar con periodicidad diaria, semanal o mensual y podrán contener información de valores instantáneos, valores totales acumulados, máximos, mínimos y promedios. Se deberá poder cambiar fácilmente el formato de los reportes.

Se deberán incluir, como mínimo, los siguientes reportes:

* Reportes de las medidas eléctricas: tensión, corriente, frecuencia, potencia activa y potencia reactiva.
* Número de operaciones acumuladas de los interruptores
* Horas de servicio de los interruptores y los transformadores de potencia.

## Comunicaciones y protocolos

La comunicación entre los IED’s deberá hacerse mediante el protocolo IEC 61850 y/o DNP 3.0. En casos particulares, para la integración de equipos.

Deberá ser posible expandir y reconfigurar la red sin que se afecten los programas de aplicación, requiriéndose solo el ajuste de los parámetros de comunicaciones.

Para la comunicación remota entre el Gateway y el SCADA, el sistema de red deberá soportar comunicaciones en DNP3.0 sobre TCP/IP.