



ANTEPROYECTO: PROYECTO ESQUEMA DE SEPARACION DE AREAS ENTRE
PERU Y ECUADOR

MEMORIA DESCRIPTIVA
Rev. 3 (23 Febrero 2021)

INDICE

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 3 |
| 2 | UBICACIÓN | 3 |
| 3 | INSTALACIONES EXISTENTES | 3 |
| 4 | ARQUITECTURA DEL SISTEMA..... | 4 |
| 5 | CARACTERISTICAS TECNICAS DEL EQUIPAMIENTO | 4 |
| 5.1 | Unidad de Sincronización de Tiempo (GPS)..... | 4 |
| 5.2 | Unidades de Medición de Fasores (PMU) | 5 |
| 5.3 | Concentrador de Datos de Fasores (PDC) | 6 |
| 5.4 | Switch Ethernet Administrable | 7 |
| 5.5 | Controlador de Rechazo de Carga (LSC) | 7 |
| 5.6 | Software de Gestion y Monitoreo del Esquema de Separacion de Areas..... | 8 |
| 5.7 | Estación de Compúto local con PDC Local..... | 8 |
| | CARACTERISTICAS REQUERIDAS PARA TELECOMUNICACIONES DEL ESQUEMA DE SEPARACION DE AREAS..... | 9 |
| 5.8 | Enlaces de Comunicación requeridos para la operación de Esquema de Separación de Areas | 9 |
| 5.8.1 | Enlaces para las Subestaciones de 500Kv | 9 |

1 INTRODUCCIÓN

El Esquema que se desea implementar para realizar Separación de Áreas entre el Sistema Eléctrico de Perú con Ecuador, será basado en la implantación de la Tecnología de Sincrofasores.

El Esquema de Separación de Áreas Perú – Ecuador (ESA Perú – Ecuador) a implementar requiere de una plataforma de comunicación que permita establecer enlaces de datos confiables entre cada uno de los dispositivos participantes, como son: PMU, PDC, LSC, Software de Gestión de Sincrofasores. Para ello se requiera utilizar como medio de comunicación preferente la Fibra Óptica, medio que permite tener enlaces de comunicación de alta velocidad ideal para este tipo de soluciones, donde se requiere tomar decisiones con respuestas rápidas.

El Esquema de Separación de Áreas basado en Tecnología de Sincrofasores tendrá un diseño flexible y abierto para permitir que a futuro pueda realizarse ampliaciones.

2 UBICACIÓN

El Esquema de Separación de Áreas será implementado en Subestaciones correspondientes a las Líneas de Transmisión de 500 kV del área Norte del Perú hasta la Subestación de Frontera con El Ecuador (SE PASAJE).

3 INSTALACIONES EXISTENTES

Se presenta una lista de Subestaciones donde se planea implementar el Monitoreo de información basado en tecnología de Sincrofasores para desarrollar el Esquema de Separación de Áreas, en cada una de ellas se requerirá instalar equipos PMU, LSC, PDC, etc. Para esto último se hará uso de las instalaciones y servicios propios de cada Subestación para lo cual se coordinará con el respectivo Agente Operador de la Subestación Eléctrica involucrada.

| ITEM | SUBESTACION | N.TENSION | PAIS |
|------|----------------|-------------|---------|
| 1 | SE TRUJILLO | 500KV/220kv | PERU |
| 2 | SE LA NIÑA | 500KV/220kv | PERU |
| 3 | SE PIURA NUEVA | 500KV | PERU |
| 4 | SE PASAJE | 500KV/230kv | ECUADOR |

4 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

La Arquitectura que se plantea tiene topología de comunicación Estrella simple entre los dispositivos como: PMU, PDC, LSC y Servidor del Software de Gestión de Sincrofasores. El Esquema de Separador de Áreas propuesto requiere de una plataforma de comunicación Ethernet la cual permitirá establecer enlaces de comunicaciones confiables y flexibles, para permitir ampliaciones en el futuro.

El Esquema de separación de Áreas deberá ser compatible con la tecnología de Sincrofasores implementado en PMUs a instalarse en SE Pasaje de Ecuador, así como deberá poder a futuro poder adaptarse con el Sistema de Separación de Áreas implementado entre Ecuador y Colombia.

La arquitectura de comunicación, en un 100% está basada en Fibra Óptica, que puede ser atendida por cualquier operador de Telecomunicaciones.

En la Figura 1 se muestra la Arquitectura de Comunicación donde se detalla el tipo de enlaces de Comunicación presente entre cada Subestación Eléctrica.

En la Figura 2 se puede apreciar la arquitectura de Comunicación Interna en una Subestación que cuenta con: 2 PMU, 1 reloj GPS y 1 Switch Ethernet.

En la Figura 3 se aprecia la arquitectura de Comunicación Interna en una Subestación que cuenta con un equipo PDC, Sistema de Monitoreo y Gestión, 1 LSC, 2 PMU, 1 reloj GPS y 1 Switch Ethernet.

5 CARACTERISTICAS TECNICAS DEL EQUIPAMIENTO

5.1 Unidad de Sincronización de Tiempo (GPS)

Por cada estación se instalará un reloj sincronizado por satélite, el cual dispondrá de puertos programables que emitirán formato de sincronización del tipo IRIG-B demodulado, con una aproximación promedio de ± 40 ns y una aproximación pico de ± 100 ns. Los valores citados, serán compatibles con el funcionamiento del esquema de los PMU's o mejores.

Dispondrá también de puertos Ethernet de cobre y/o fibra óptica, para su integración a una red tipo Ethernet. La unidad estará provista de pantalla de visualización donde se podrá apreciar la hora Local y la hora UTC.

El reloj incluirá un oscilador interno de alta estabilidad que garantice, para su uso transitorio, una aproximación de 50 μ s o mejor, por día, a temperatura constante, en caso de falla de la señal satelital.

5.2 Unidades de Medición de Fasores (PMU)

Las Unidades PMU deben cumplir con los requerimientos de la norma IEEE Std C37.118.1-2011 considerando con prevalencia lo indicado en IEEE Std C37.118.1a-2014 (Amendment IEEE Std C37.118.1-2011) y de la norma IEEE Std C37.118.2-2011.

Las Unidades PMU deben ser de la Clase P conforme a las clases de performance establecidas en la cláusula 5.5.2 de la norma IEEE Std C37.118.1-2011 y deben tener las siguientes características:

- Error total del vector (TVE)
en el rango del 80% al 120% del valor nominal 1%
- Error total de la frecuencia (FE)
en el rango de ± 2 Hz 0.0005 Hz
- Error del cambio de la frecuencia (RFE) 0.4 Hz/s

Las Unidades PMU deben tener la capacidad de efectuar lo siguiente:

Calcular y ser capaces de reportar los Sincrofasores de los juegos trifásicos de las Tensiones y de las Corrientes de las líneas de transmisión a una tasa de 60 valores por segundo (Reporting rates: Fs—frames per second) conforme a lo establecido en la cláusula 5.4.1 de la norma IEEE Std C37.118.1-2011.

Calcular y ser capaces de reportar la Frecuencia y la variación de la frecuencia (rate of change of frequency _ ROCOF) conforme a lo establecido en la cláusula 5.2 de la norma IEEE Std C37.118.1-2011. La Frecuencia y la variación de la frecuencia (ROCOF) deben ser evaluadas según lo indicado en la cláusula 5.3.2 de la norma antes mencionada.

Recibir la señal de tiempo desde una fuente GPS, con tiempo universal coordinado (UTC), con la suficiente precisión para mantener el error total del vector (TVE), el error de frecuencia (FE) y la variación de la frecuencia (ROCOF) dentro de los límites especificados en la norma IEEE Std C37.118.1a-2014.

Las Unidades PMU deben cumplir con los requisitos para la operación en estado estacionario; y sobre todo, deben tener la performance dinámica indicada en la norma IEEE Std C37.118.1-2011. Las Unidades PMU deben comunicarse directamente en tiempo real con los Concentradores de Datos Locales de la respectiva subestación.

Los PMU deberán contar con contactos de salida Secos para realizar operaciones de control en caso sea necesario.

Los dispositivos PMU tendrán la capacidad de realizar lógica interna con la finalidad que en ciertos casos dos PMU puedan conversar entre si y decidir realizar una acción de control sin necesidad que intervenga un PDC.

5.3 Concentrador de Datos de Fasores (PDC)

El Concentradores de Datos de Fasores PDC deben cumplir con los requerimientos de la guía IEEE Std C37.244-2013 y de la norma IEEE Std C37.247-2013.

El Concentradores de Datos de Fasores PDC funcionaran como un nodo en una red de comunicaciones, agrupando la información de las Unidades PMU conectadas, integrando la información en una línea de tiempo (time stamp) que permitan conocer la secuencia de eventos.

Los Concentradores de Datos de Fasores PDC dispondrán de facilidades de software para procesar y visualizar la información. Asimismo, deben permitir mejorar la inter-operatividad de los dispositivos, sistemas y aplicaciones. Para ello, los PDC deben atender a los requerimientos de latencia establecidos en el numeral 6.1 de la norma IEEE Std C37.247-2013.

Los Concentradores de Datos de Fasores PDC deben reportar a otros PDC en caso se requiera a futuro y/o a un Concentrador a nivel Nacional (corporativo) según el Protocolo de la norma IEC/TR 61850-90-5. Sin embargo, desde que se deben comunicar con unidades existentes de PMU deben también poder comunicarse son el protocolo IEEE Std C37.118.2-2011, y también la versión del 2005.

Desde que los PDC representan un punto de falla en la cadena de la información, en su diseño se debe considerar redundancias, así como opciones de bypass para mitigar tales fallas.

Los PDC deben ser previstos para soportar data de múltiples fuentes (PMU) con un mínimo de 30 PMU y procesar la información orientada a funciones de monitoreo, control y protección (wide-area monitoring, protection, and control - WAMPAC).

Los PDC deben estar previstos para registro de data en formato Common Format for Transient Data Exchange (COMTRADE) según la norma IEEE Std C37.111-1999. Asimismo, es deseable que los PDC soporten registro de eventos en el formato Common Format for Event Data Exchange (COMFEDE) según la norma IEEE Std C37.239-2010.

El PDC tendrá la capacidad de conectarse con equipos que permitan ejecutar mandos de Control LSC para realizar la Separación de Áreas entre Perú y Ecuador. La comunicación podrá ser mediante el empleo de protocolos de Comunicación rápidos como IEC61850, EtherCAT, o algún otro protocolo de comunicación de alta velocidad.

El Equipo PDC tendrá las siguientes Funcionalidades para ejecutar el Esquema de Separación de Áreas.

- Algoritmos de Análisis Modal
- Algoritmos de Estabilidad en base a Voltaje
- Algoritmos en base a Oscilaciones de Potencia
- Algoritmos en base a la Diferencia Angular
- Algoritmos en base a diferencia de Frecuencia.
- Algoritmos en base a razón de cambio de Frecuencia.

5.4 Switch Ethernet Administrable

Se instalarán Switch Ethernet totalmente administrables Capa 2 compatibles que soporten un ambiente robusto de Subestación según IEC 60255. Que tenga disponibilidad de puertos Ethernet tipo 10/100Base-T con conectores RJ45, así como puertos de fibra óptica 100Base FX con conectores tipo LC, hasta para 100 Mbps, en cantidad suficiente para atender la conexión de los equipos a suministrarse, más una reserva del 25 % adicional, según los requerimientos de cada instalación. Se estima una capacidad total final de 20 puertos en total. Con capacidad de ser administrado vía WEB.

El cableado podrá ser por la parte frontal o por la parte posterior del equipo.

El Switch vendrá montado en un bastidor de altura 1U y para fijación en rack o frente del tablero, de una longitud estándar de 19". Los Switch Ethernet deberán cumplir con las siguientes Normas:

| | |
|------------------------|--|
| IEEE 802.3 | Puertos Ethernet |
| IEEE 802.1D | MAC Bridges |
| IEEE 802.1Q | Virtual Local Area Networks |
| IEEE 802.1W | Rapid Spanning Tree |
| IEC 61850 | KEMA Tested and Passed |
| IEC 61754-20 | Interfaces de Fibra Óptica |
| SNMP | Simple Network Management Protocol V1, V2, V3 |
| Rango de Temperatura | -40 a 85 °C |
| Humedad Relativa | 0 a 95 % |
| Fuente de Alimentación | 125/220 Vac, Vdc |

5.5 Controlador de Rechazo de Carga (LSC)

El Controlador de Rechazo de Carga también llamado LSC tomado de sus Siglas en Ingles (Load Shedding Controller), El Controlador de Rechazo de Carga tendrá la capacidad de tener un Mínimo de 8 Contactos de Entrada y un mínimo de 8 contactos secos de Salida de Alta Velocidad y Alta Capacidad de Interrupción. Recopilará el estado actual de los interruptores asociados a las líneas de transmisión en 500kV según el Esquema Eléctrico de Interconexión entre SE Piura Nueva (PERU) con SE Pasaje (ECUADOR).

El LSC tendrá la capacidad de ser programado por lenguajes de programación de código Abierto según la Norma IEEE 61131 con la finalidad que la lógica a ser implementada sea flexible, de fácil comprensión. Que incluya dentro de sus capacidades la habilidad de comunicarse utilizando Protocolos de Comunicación Abierto como IEC61850 GOOSE, IEC61850 MMS, DNP LAN/WAN, Modbus TCP, EtherCat. A fin de que se puedan compartir información con los equipos PDC y con otros Sistemas existentes como SCADA.

El LSC tendrá la opción de comportarse como un PMUC modular por tanto tendrá la opción de tener tarjeta de Entrada de Corriente y Voltaje para monitorear de modo directo las señales de Corriente y Tensión.

Los dispositivos LSC cumplirán como mínimo con las siguientes Normas de Fabricación:

| | |
|------------------------|----------------------------|
| IEC 60255-0-20 | 10 Amp Breaking Capacity |
| IEC 61850 | KEMA Tested and Passed |
| IEC 61754-20 | Interfaces de Fibra Óptica |
| IEEE 61131 | Logic Engine |
| Rango de Temperatura | -40 a 85 °C |
| Humedad Relativa | 0 a 95 % |
| Fuente de Alimentación | 48/125, 125/220 Vac, Vdc |

5.6 Software de Gestión y Monitoreo Del Esquema de Separación de Áreas

El Software de Gestión y Monitoreo del Esquema de Separación de Áreas se ejecutará dentro de un Servidor de Computo de Uso Industrial apto para trabajar en un ambiente agresivo de Subestación Eléctrica. Dispondrá de una Interfaz Gráfica para el Operador mediante el cual ofrecerá las siguientes características.

- Monitoreo de Estabilidad de Tensión
- Monitoreo de Oscilaciones de Potencia
- Monitoreo de Ángulos de Fase
- Monitoreo de Carga en Tiempo Real de las Líneas de Transmisión
- Almacenar Información Histórica en Forma Continua y por Eventos
- Capacidad de Crear Lógicas Programadas por el usuario
- Establecer Límites de Operación en Diferentes Variables de Monitoreo para generar Alarmas.

La información será recopilada mediante el protocolo IEC C37.118-2011 y/o IEC C37.118-2005 proveniente de múltiples PMU's o PDC's.

5.7 Estación de Computo local con PDC Local

La estación de trabajo asignada a cada PDC deberá cumplir como mínimo con las siguientes características técnicas.

- Microsoft Windows 10 (64 Bit)
- Placa Intel I7 o Superior 2.5 GHz en Procesamiento
- Memoria RAM 8 GB
- Disco de Almacenamiento 250 GB
- Fuente de Alimentación Redundante 48/125 Vdc, 125/250 Vac, Vdc

CARACTERISTICAS REQUERIDAS PARA TELECOMUNICACIONES DEL ESQUEMA DE SEPARACION DE AREAS

5.8 Enlaces de Comunicación requeridos para la Operación de Esquema de Separación de Áreas

5.8.1 Enlaces para las Subestaciones de 500kV

En la figura 1 se muestra el esquema de comunicaciones basado en fibra óptica para los equipos comprendidos en el Esquema de Separación de Áreas entre Perú y Ecuador.

Debido al nivel de confiabilidad requerido y a la velocidad de transmisión de datos para el servicio de Sincrofasores, el medio más idóneo son los enlaces de fibra óptica, que pueden ser proveídos por las empresas que ofrecen el servicio público de comunicaciones a nivel nacional y que disponen del medio de comunicaciones antes mencionado.

La confiabilidad y calidad de los enlaces de comunicación digital, tal como lo requerido para los enlaces de los equipos PMU, PDC, dependen de muchos factores tales como: el ruido presente en los enlaces, la calidad de los equipos electrónicos terminales de transmisión y recepción, el tipo de modulación empleado, la velocidad de transmisión y de otros factores. En general para medir la calidad de los enlaces de comunicaciones digitales, se utiliza el parámetro BER (Bit Error Rate), que define la cantidad de bit errados en relación a los bits correctos, debiendo garantizarse un máximo de de 1×10^{-11} bitios errados.

Los diferentes operadores pueden ofrecer valores BER que difieran unos de otros y, en caso de que se disponga de una red de transmisión de datos de área amplia en donde intervengan tramos de diferentes operadores, el BER resultante tomara en cuenta el valor menos favorable de todos los componentes de la red, y en caso de falla, individualizar al operador responsable de la falla de la red, tomara su tiempo.

Por lo anterior se recomienda que los circuitos para dar acceso a las diferentes subestaciones se traten, en lo posible, con un solo operador.

REFERENCIAS:

[1a] Paper Remedial Action Scheme Based on Synchrophasor Measurements and System Angle Difference for Peru's 500 kV Grid. October 2016 / 43rd Annual Western Protective Relay Conference, October 2016.

ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN GENERAL

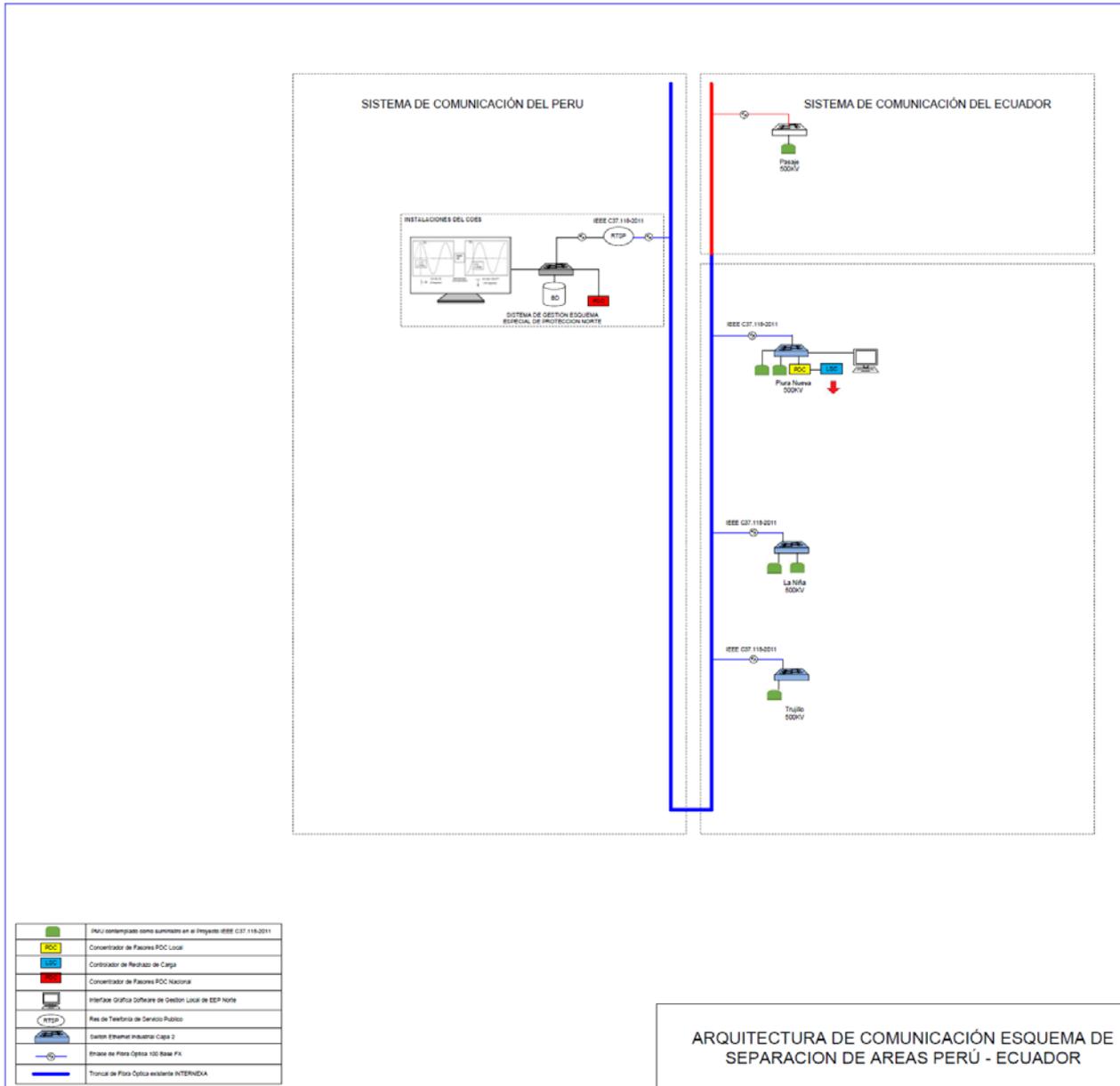


Figura 1

ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN EN UNA SUBESTACION CON DOS PMUS

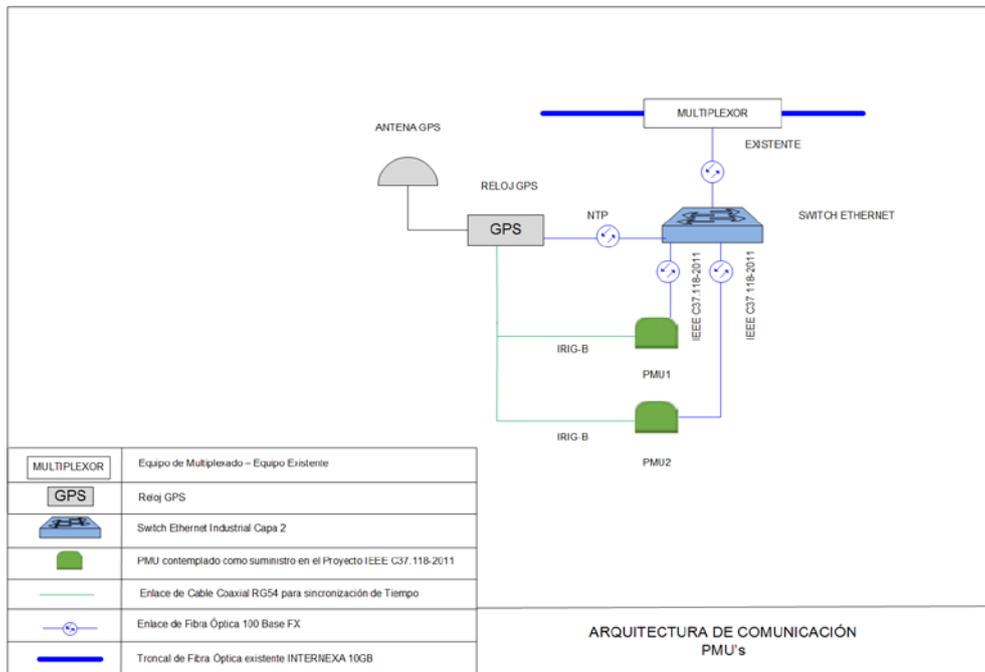


Figura 2

ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN EN UNA SUBESTACION CON DOS PMUS Y UN PDC y LSC

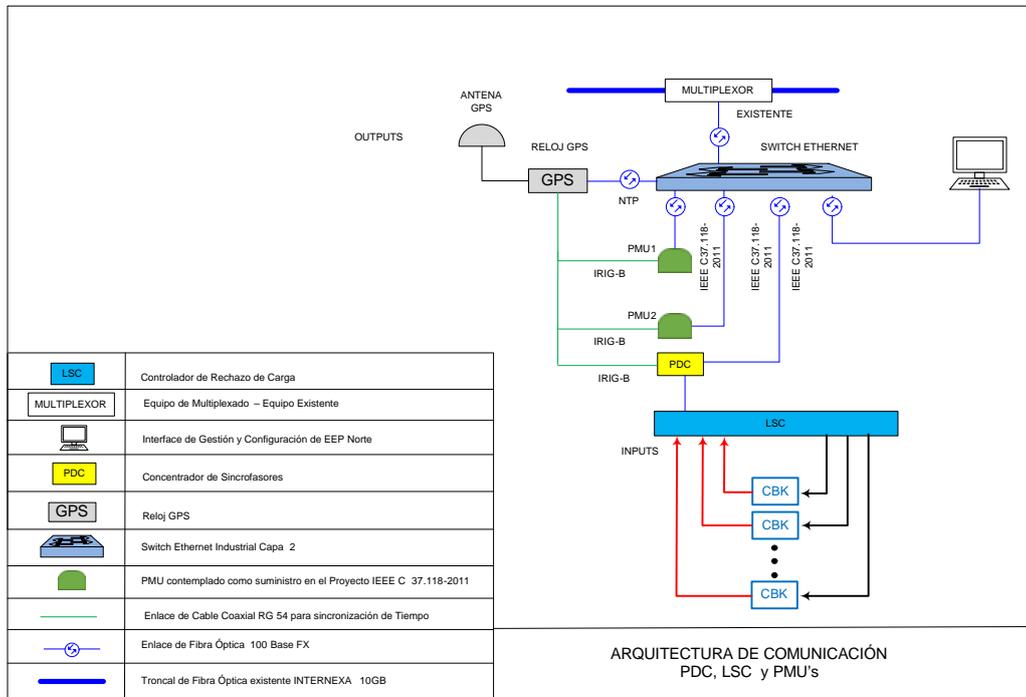


Figura 3

DISPOSICION DE EQUIPOS EN LINEAS DE 500KV

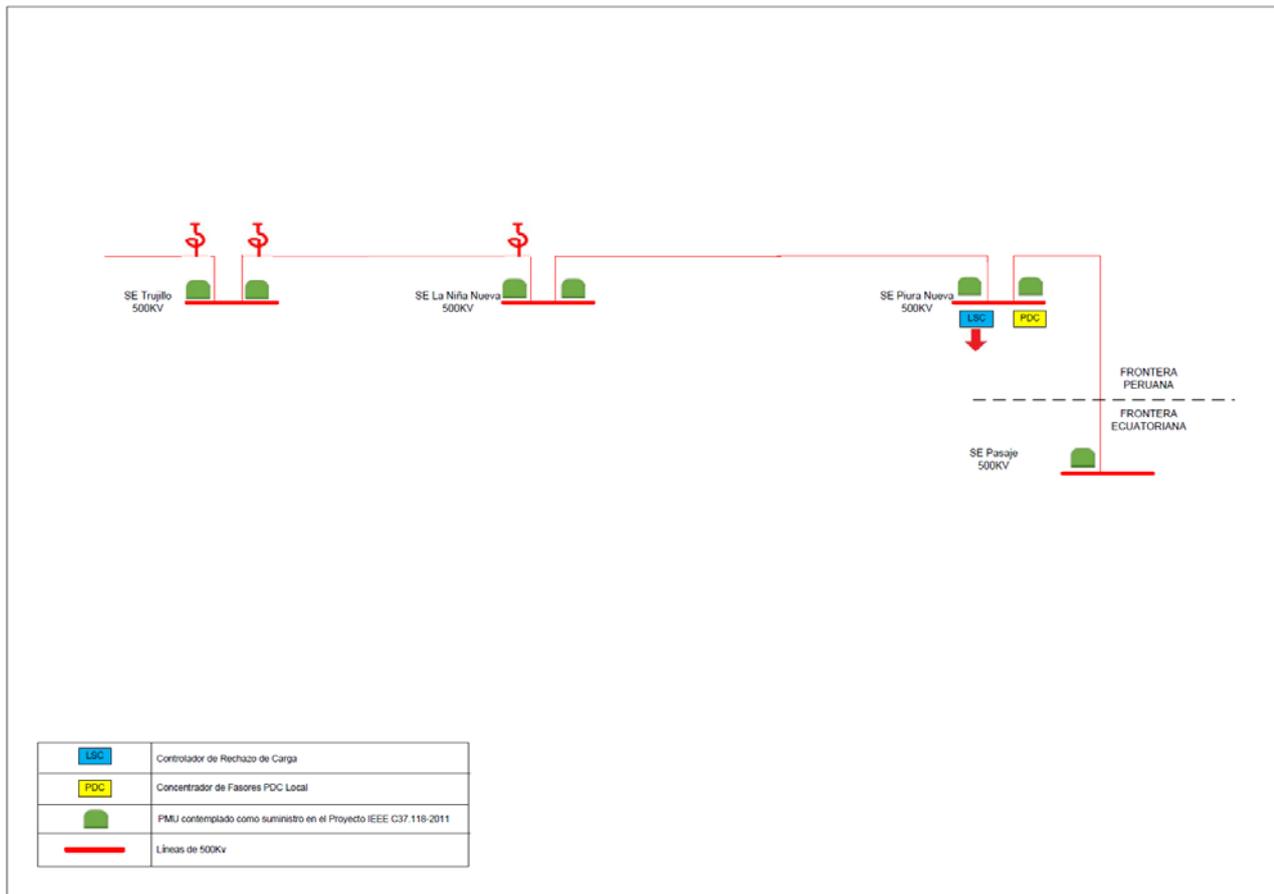


Figura 4



ANTEPROYECTO: PROYECTO ESQUEMA DE SEPARACION DE AREAS ENTRE
PERU Y ECUADOR

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Rev.3 (23 de Febrero 2021)

INDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO | 4 |
| 2 | UBICACIÓN | 4 |
| 3 | OBJETIVO | 4 |
| 4 | FUNCIONALIDADES DE DISPOSITIVOS DEL ESQUEMA DE SEPARACION DE AREAS PERU - ECUADOR | 6 |
| 4.1 | Funcionalidades Requeridas de las Unidades de Medición de Fasores - PMU | 6 |
| 4.2 | Funcionalidades Requeridas de los Concentradores de Datos de Fasores - PDC..... | 8 |
| 4.3 | Funcionalidades Requeridas de los Controladores de Rechazo de Carga - LSC..... | 10 |
| 5 | ESQUEMA DE SEPARACION DE AREAS | 12 |
| 6 | CANTIDAD TOTAL DE EQUIPOS EN EL ESQUEMA DE SEPARACION DE AREAS | 13 |
| 7 | DOCUMENTOS DE REFERENCIA | 14 |

1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La interconexión entre el Sistema Eléctrico Nacional de la Republica del Perú y el Sistema Eléctrico Nacional de la Republica del Ecuador requiere la importante necesidad de implementar un Esquema de Separación de Áreas, que permitirá mantener el suministro de electricidad en la zona Norte de Perú, mediante la implementación de un Sistema que permita la desconexión de ambos sistemas Eléctricos ante la posibilidad de llegar a la inestabilidad del Sistema Eléctrico y para ello se monitoreara diferencia Angular, Estabilidad del Sistema de Potencia, etc, basado en Tecnología de los Sincrofasores.

El Esquema de Separación de Áreas requiere de una plataforma de comunicación que permita establecer enlaces de comunicación confiables entre cada uno de los dispositivos participantes, como son: PMU, PDC, LSC, Software de Gestión de Protección. Para esto último se requiere utilizar como medio de comunicación preferente a enlaces de fibra óptica, medio que permite tener enlaces de comunicación de alta velocidad, ideal para este tipo de soluciones donde se requiere tomar decisiones con respuestas rápidas.

El Esquema de Separación de Áreas basado en Tecnología de Sincrofasores tendrá un diseño flexible y abierto, para permitir que a futuro pueda realizarse ampliaciones que contemplen el crecimiento del Sistema Eléctrico Nacional.

2 UBICACIÓN

El Esquema de Separación de Áreas entre Perú y Ecuador será implementado en Subestaciones correspondientes a las líneas de transmisión de 500 kV del área Norte del Perú.

3 OBJETIVO

En el presente documento tiene como objetivo describir los requerimientos funcionales del sistema de Sincrofasores a ser instalados en el área norte del SEIN, los cuales tienen por finalidad monitorear en tiempo real el estado del sistema de potencia y, ante contingencias críticas en la operación del SEIN, proporcionar un esquema de Separación de Áreas a fin de garantizar la Estabilidad del Sistema Eléctrico Nacional Peruano.

Los equipos PMU de los sincrofasores, serán instalados y reportarán información de sus lecturas, hacia un Concentrador de Fasores PDC. La localización de PMU's y PDC's ha sido definida y esta mostrada en el siguiente esquema.

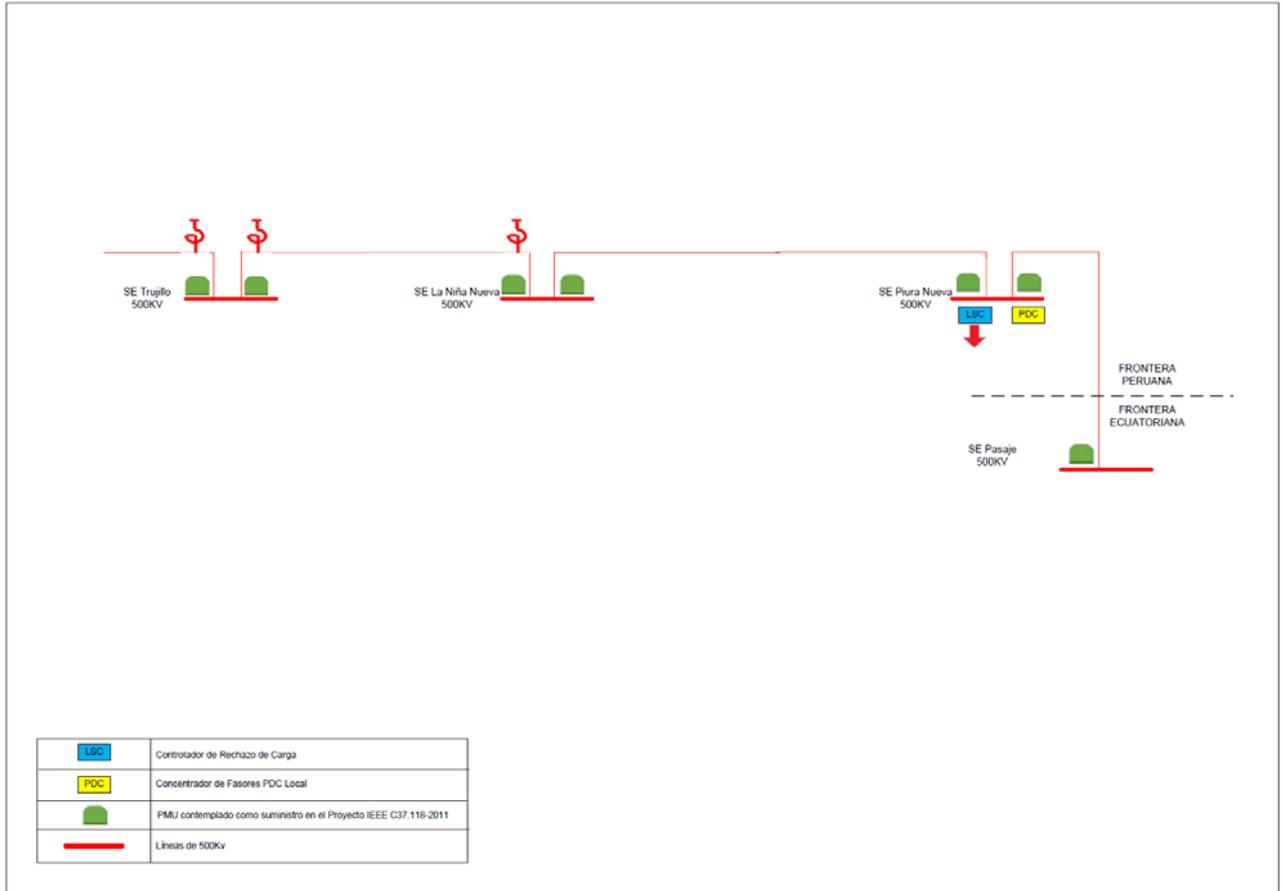


Figura 1.0

La grafica anterior muestra solamente la localización física de los PMU con los PDC's; pero, la funcionalidad de la arquitectura considera lo siguiente:

Los PMU's reportarán mediante los enlaces de Comunicación de Fibra Óptica hacia el PDC Local que se ubicará en la SE Piura Nueva que es la subestación de Frontera con el Ecuador. En las instalaciones de COES en Lima habrá un segundo PDC (PDC Nacional) con funciones de Monitoreo y Almacenamiento de datos.

- El PDC Local estarán dotado de lógicas para efectuar funciones de protección a través de los PMU con capacidad de realizar control (PMCU) y hacia el LSC (Controladores de Rechazo de Carga)
- Los mismo PMU's reportarán a un segundo PDC Corporativo (Gestión) a ser instalado en Lima para realizar funciones de Monitoreo.

En el siguiente diagrama se muestra funcionalidad señalada.

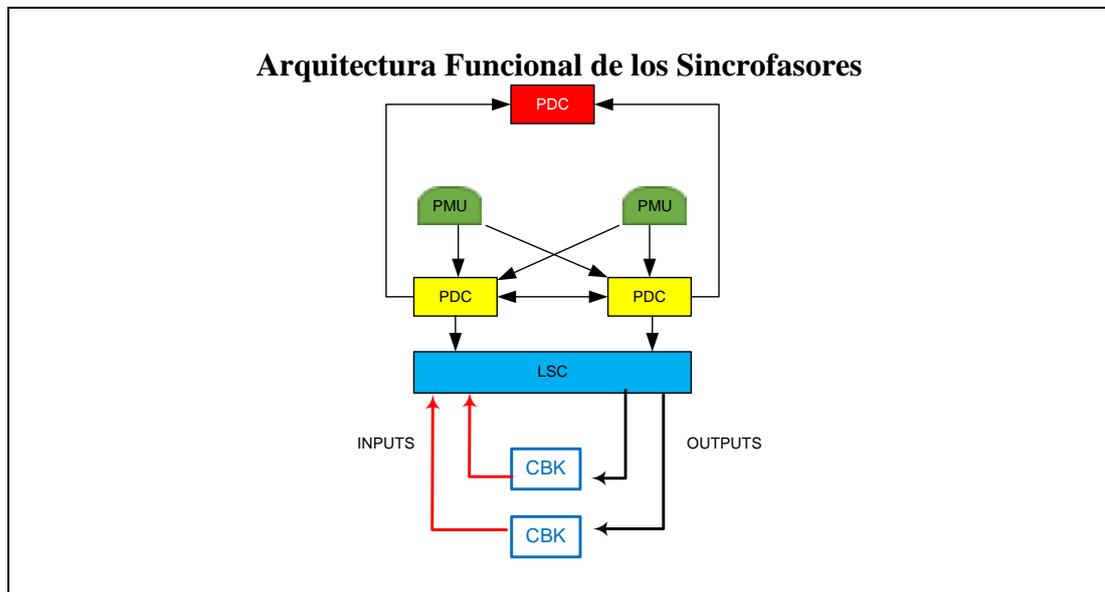


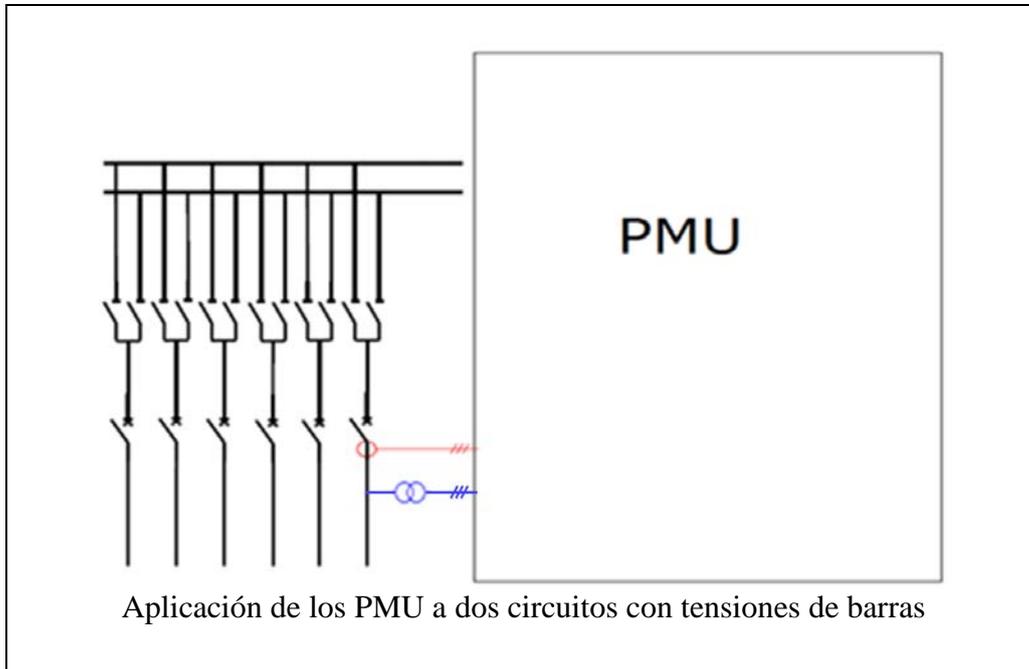
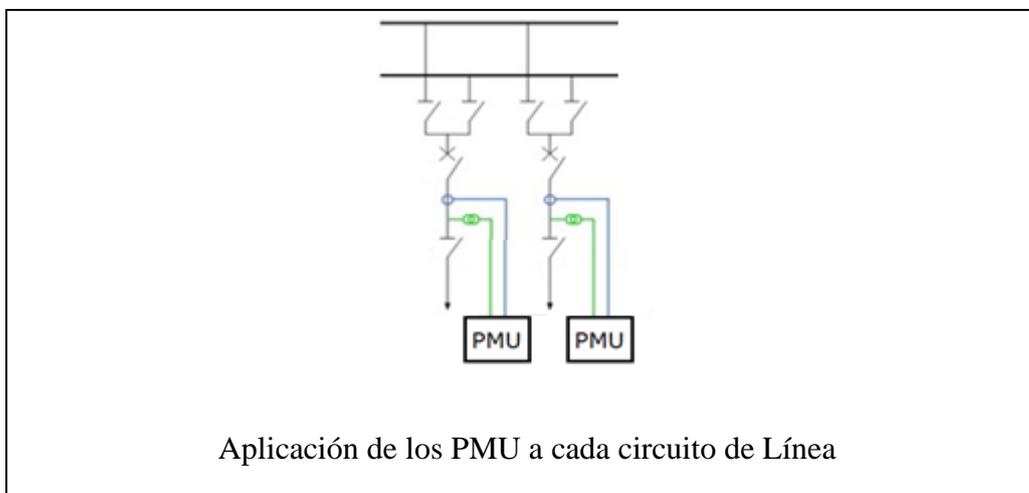
Figura 2.0

4 FUNCIONALIDADES DE DISPOSITIVOS DEL ESQUEMA DE SEPARACION DE AREAS PERU - ECUADOR

El Esquema de Separación de Áreas estará conformado por 3 tipos de dispositivos importantes como son PMU, PDC, LSC cuya funcionalidad se describe a continuación:

4.1 Funcionalidades Requeridas de las Unidades de Medición de Fasores - PMU

Se ha previsto que cada PMU se conecte a cada circuito correspondiente a una línea de Transmisión por tanto como mínimo debe tener la capacidad de entrada de un juego de corrientes y un juego de tensiones. De esta manera, un PMU puede ser aplicado a cada circuito (líneas de transmisión) y por Subestación de un mismo nivel de tensión, como se muestra en la figura. Pero el PMU deberá tener capacidad para conectarse a dos juegos de Corrientes y a un Juego de Tensión.

**Figura 3.0****Figura 4.0**

Los PMU deben ser diseñados y fabricados bajo la norma IEEE Std 188.1-2011 Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems y su actualización según IEEE Std C37.118.1a-2014 (Amendment to IEEE Std C37.118.1-2011).

Los PMU deben reportar las mediciones de los fasores a los PDC según el Protocolo de la norma IEEE Std C37.118.2-2011 Standard for Synchrophasor Data Transfer for Power Systems. Adicionalmente los PMU deberán tener la capacidad de ser actualizados para que en un futuro puedan incluir el Protocolo IEC 61850-90-5 que es la norma que caracteriza como los protocolos de

61850 son aplicados a las comunicaciones de los Sincrofasores desde los PMU hacia los Concentradores de Datos PDC y los sistemas de control y protección WAMPC (Wide Area Monitoring, Protection and Control), incluyendo aplicaciones a los Centros de Control. Este requerimiento del Protocolo IEC 61850-90-5 es con la finalidad de optimizar los tiempos de las protecciones mediante comunicaciones GOOSE. Además, el uso de este protocolo otorga un mayor horizonte en el tiempo en la aplicación de los PMU y los PDC.

Actualmente la gran mayoría de los principales los fabricantes de PMU incluyen los Protocolos IEC61850 Goose como parte de sus características para realizar acciones de control en Sistemas de Monitoreo, Protección y Control de Área Amplia, pero aún no tienen implementado al momento de escribir este documento la norma IEC61850-90-5. Los dispositivos PMU tendrán la capacidad de realizar lógica interna con la finalidad que en ciertos casos dos PMU puedan conversar entre si y decidir realizar una acción de control sin necesidad que intervenga un PDC.

4.2 Funcionalidades Requeridas de los Concentradores de Datos de Fasores - PDC

Los Concentradores de Datos PDC funcionarán como un nodo en una red de comunicaciones, agrupando la información de las Unidades PMU conectadas, integrando la información y alineándola en una línea de tiempo (time stamp) para conocer el estado del sistema de potencia en tiempo real y la secuencia de eventos.

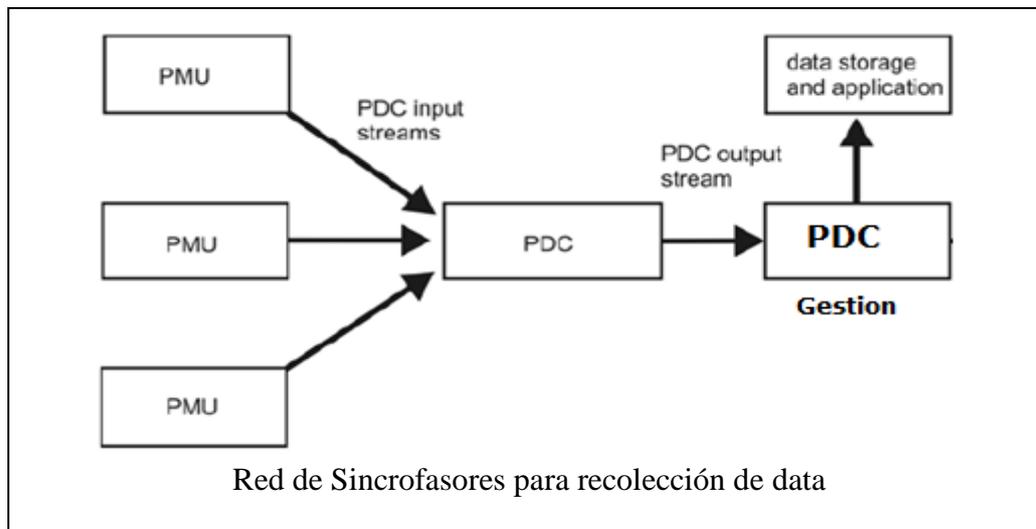


Figura 5.0

El sistema soporta una configuración redundante donde dos PDCs recibirían información en simultáneo de los PMU. Debido a que el sistema de Comunicación es Flexible, permite que a futuro pueda haber un PDC de Gestión en Lima el cual reciba información de los PMU con la finalidad de realizar monitoreo en tiempo real. Los Protocolos de comunicaciones serán IEEE Std C37.118.2-2011 e IEC 61850-90-5, conforme se ha detallado para los PMU.

Los Concentradores de Fasores PDC dispondrán de facilidades de software para procesar y visualizar la información. Asimismo, deben permitir mejorar la inter-operatividad de los

dispositivos, sistemas y aplicaciones. Para ello, los PDC deben atender a los requerimientos de latencia establecidos en el numeral 6.1 de la norma IEEE Std C37.247-2013.

Debido a que la transmisión de la data no es en forma continua sino discreta y debido al inevitable retraso en la transmisión de la información, hay una latencia de datos e incluso una pérdida de data, la cual es causada por las comunicaciones entre los PMU y los PDC, así como entre los PDC y el PDC de Gestión (Corporativo).

Los PDC estarán diseñados para operar con un alineamiento de tiempo absoluto ya que estarán conectados a un GPS. En tal sentido, se debe prever un funcionamiento sin pérdida de data tal como se muestra en la figura

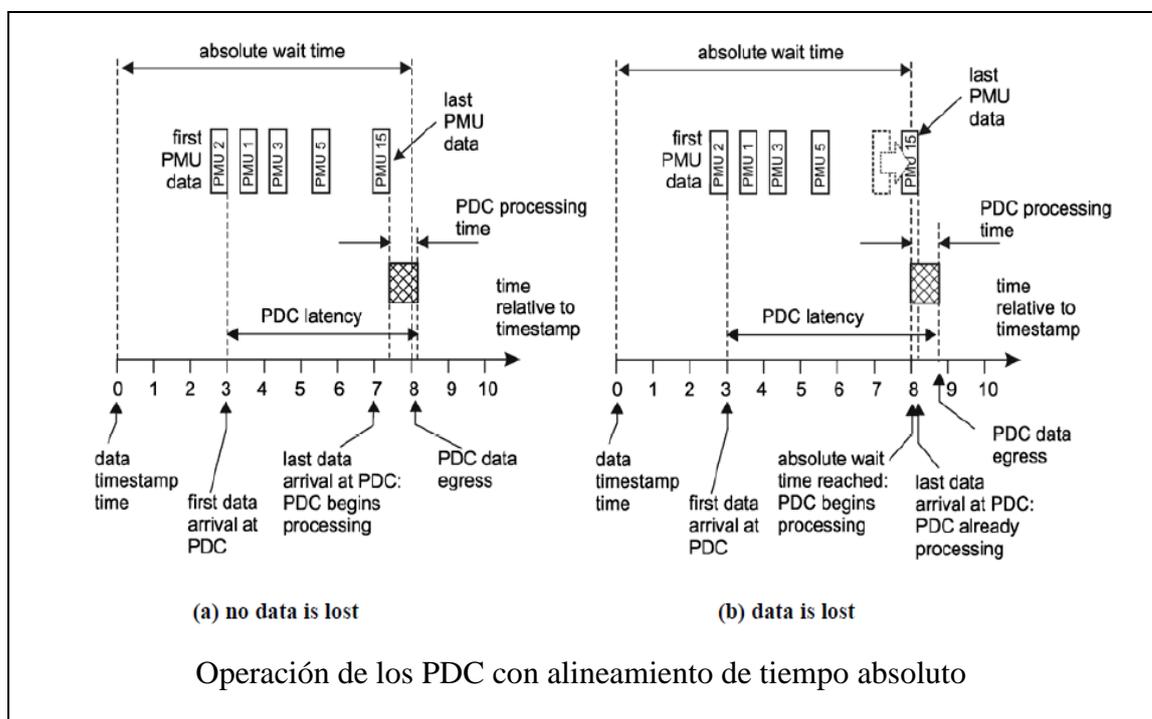


Figura 6.0

Sin embargo, dado que la principal función de los Sincrofasores es el Esquema de Separación de Áreas, es deseable recibir las medidas con un mínimo de latencia. En tal sentido, se debe tener la opción de que los PDC pueden operar sin un alineamiento de tiempo. En base a la experiencia obtenida en la implementación del Sistema de Monitoreo de Sincrofasores en el SUR de Perú, obtuvieron latencias de tiempo de hasta un máximo de 15ms en una distancia de aproximadamente 800km desde un PMU ubicado en SE Chilca hasta el equipo PDC ubicado en SE San José. [1]

Los PDC deben tener las siguientes funcionalidades

- Concentración de datos desde PMU's mediante el estándar IEEE C37.118-2011 y IEEE C37.118-2005
- Alineamiento de información
- Validación de Información

- Soportar requerimiento de Transmisión de datos en C37.118-2011 hacia otros PDC o Software de Monitoreo
- Características de Seguridad de acceso de la información
- Cálculo de Latencia de Tiempo
- Administración de información redundante
- Análisis Modal
- Análisis Angular
- Análisis de Tensión
- Capacidad de creación lógicas programables por el usuario
- Soportar trabajar en Arquitectura Jerárquica (PDC Distribuidos en Niveles Local, Corporativo, Regional, Nacional)

Junto con el PDC se debe implementar una interfaz hombre-máquina (IHM) la cual se ejecutaría en una Plataforma de Computo mediante Software basado en Windows que permita visualizar y desplegar la data en una pantalla y debe otorgar las siguientes facilidades

- Despliegue del sistema y de las data de los Sincrofasores
- Análisis de la Data de los Sincrofasores
- Registro de Eventos
- Facilidades para exportar la data de los Sincrofasores
- Facilidades para ajustar alarmas y disparos
- Facilidades para configuración del sistema

4.3 Funcionalidades Requeridas de los Controladores de Rechazo de Carga - LSC

Los Controladores de Rechazo de Carga a los cuales llamaremos LSC siglas tomadas del inglés (Load Shedding Controller), estarán ubicados en las Subestaciones donde estén presentes las Cargas a rechazar en caso sea determinado por los Concentradores de Fasores (PDC's). El LSC es un dispositivo con Contactos de Entradas y contactos de Salida, cuya función principal será de reportar el estado actual de los interruptores asociados a las Cargas de Sistema y de ejecutar las acciones de Control comandadas desde los PDC's.

El dispositivo LSC podrá ser programado mediante el estándar IEEE 61131 a fin de construir una matriz entre Cargas a rechazar y Contingencias definidas por un estudio de Análisis del Sistema de Potencia que se realizará en las siguientes etapas del proyecto. Tendrán la capacidad de recibir comandos de Control remoto mediante mensajes GOOSE de IEC61850 y realizar operaciones de Control que será el resultado de determinada Condición previamente analizada y determinada por los Concentradores de Fasores (PDC's).

Los LSC's dispondrán de un mínimo de 16 contactos de entrada y 10 contactos de salida de alta velocidad y capacidad de interrupción, para evitar el uso de relés auxiliares, para monitoreo y control de las Cargas asociadas al esquema ERCAMF que actualmente está en operación.

Los LCS tendrán interfaz de Comunicación Ethernet para poder establecer comunicación con los PDC's y con las IHM. Dispondrán de Protocolos de Comunicación Abierto como IEC61850 Edición 1 y/o Edición 2, DNP LAN/WAN, EtherCat.

Los Controladores de Rechazo de Carga tendrán la capacidad de recibir sincronización de Tiempo directamente desde relojes GPS mediante el standard IRIG-B, en caso el PMCU pierda la señal de Sincronización este deberá emitir una señal de Alarma.

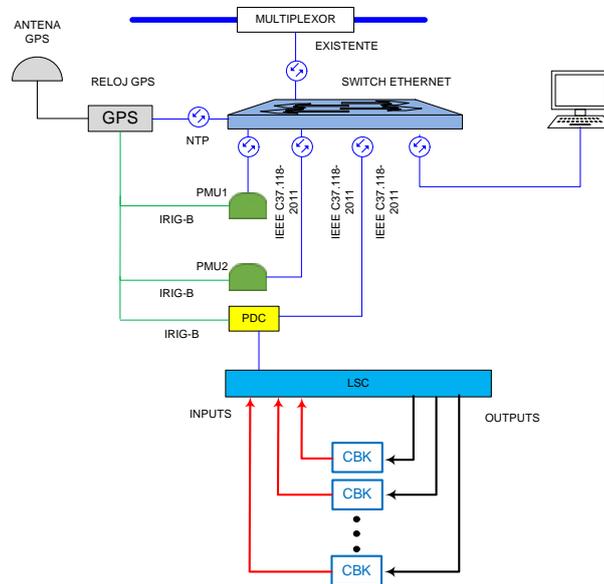


Figura 7.0

Como una alternativa para mejorar la velocidad de adquisición de información de señales de Corriente, Voltaje es que el equipo LSC tenga también la funcionalidad de PMU mediante tarjetas modulares que permitan realizar esta adquisición, y envíen la información hacia el PDC mediante protocolos de comunicación de alta velocidad como IEC61850, EtherCat.

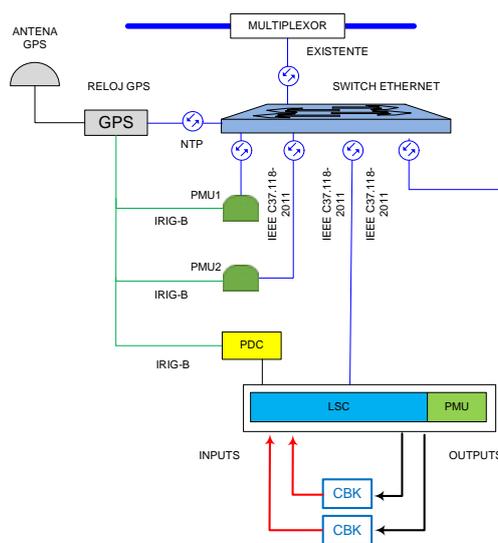


Figura 8.0

5 ESQUEMA DE SEPARACION DE AREAS

El Esquema de Separación de Áreas se ejecutará mediante las siguientes Modalidades.

- Por Mínima Tensión
- Por Umbral de Frecuencia
- Por Variación de la Frecuencia.
- Por diferencia Angular
- Por Potencia
- Por resultado de Análisis Modal

La Protección por Mínima Tensión en el Área Norte del SEIN es necesaria para atender contingencias como la salida de servicio de la Línea 500 kV de la. En estos casos, la contingencia produce sobrecarga en las líneas y caídas de tensión inadmisibles para la operación del sistema. De allí la necesidad de plantear la Separación de Áreas para mantener los adecuados niveles de tensión.

Los PMU estarán reportando en tiempo real las tensiones y las corrientes de las líneas, de manera de que, sobre la base de esta información, los PDC pueden determinar la necesidad de una desconexión de la línea de interconexión entre SE Piura Nueva y SE Pasaje. Este esquema de protección debe ser pre-calculado en el PDC, considerando diversos escenarios de operación. De esta manera, el PDC debe enviar señales de disparo al LSC para que efectúen el disparo, mediante comunicaciones GOOSE en el Protocolo IEC 61850 o mediante otro protocolo como EtherCat.

Los tiempos estimados de la operación del sistema de protección son como se indica:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------|
| - Procesamiento del PMU | 16 ms (1 ciclos) |
| - Comunicación entre PMU-PDC | < 15 ms |
| - Procesamiento y operación del PDC | 100 ms (6 ciclos) |
| - Comunicación de PDC a PMU o LSC | < 15ms |
| - Operación del PMU o LSC | 50 ms (3 ciclos) |
| - Disparo de los Interruptores | 50 ms (3 ciclos) |

Total < 300 ms

En la figura se grafica la escala de tiempo

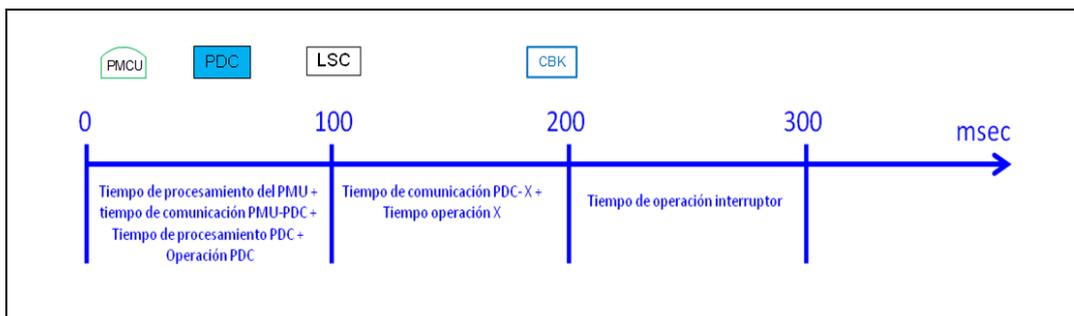


Figura 9.0

Además del sistema de protección descrito, se debe monitorear el estado del sistema para que, en caso de otros eventos, tales como: cambios repentinos de carga y pérdida de generación en el área, los cuales pudiesen ocasionar variaciones en el nivel de tensión se pueda generar también: (i) alarmas por violación a la capacidad de transmisión de las líneas, y (ii) índices de estabilidad en las líneas de transmisión.

6 CANTIDAD TOTAL DE EQUIPOS EN EL ESQUEMA DE SEPARACION DE AREAS

Se detalla la cantidad calculada de equipamiento necesario para la implementación del Esquema de Separación de Áreas entre Perú y Ecuador, información que será utilizada para hacer el cálculo económico del proyecto.

| Item | DESCRIPCION | CANTIDAD |
|------|------------------------------|----------|
| B.1 | Tablero | 4 |
| B.2 | LSC | 1 |
| B.3 | PMU | 7 |
| B.4 | GPS | 5 |
| B.5 | SWITCH ETHERNET | 5 |
| B.6 | PDC Local | 1 |
| B.7 | PDC Corporativo | 1 |
| B.8 | PC | 2 |
| B.9 | SOFTWARE GESTION LOCAL | 1 |
| B.10 | SOFTWARE GESTION CORPORATIVO | 1 |

Tabla 1

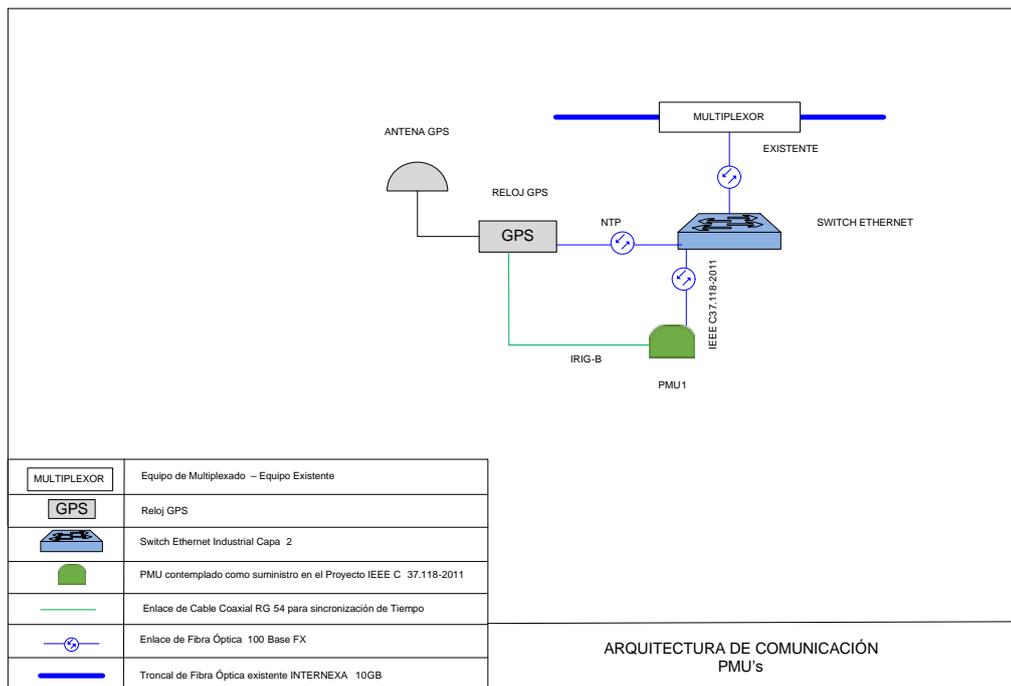


Figura 10.0 Arquitectura de Comunicación en una Subestación con un PMU

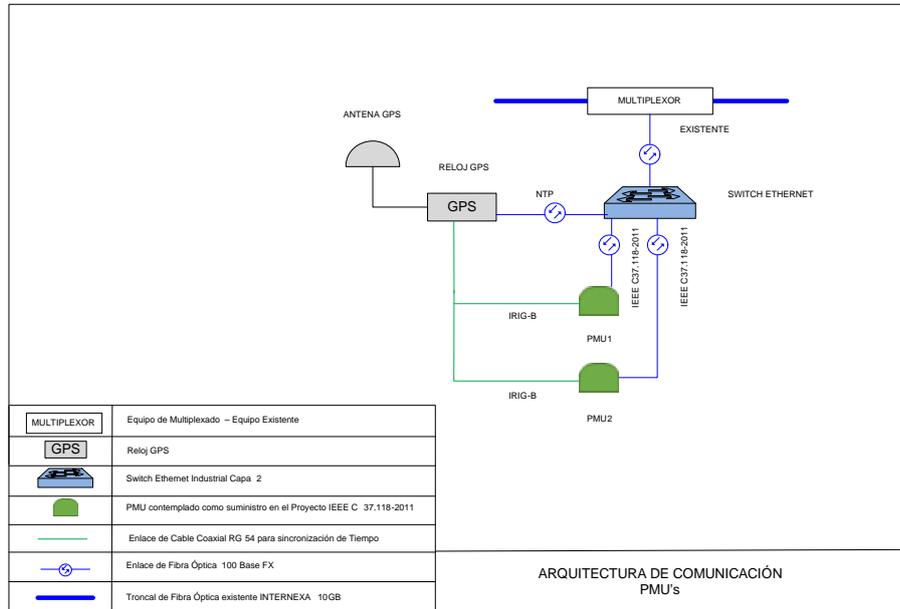


Figura 11.0 Arquitectura de Comunicación en una Subestación con dos PMU

Los equipos antes indicados, podrán ir montados en un (01) armario de aproximadamente, 2200x800x800 mm, a instalarse en la sala de relés de la respectiva subestación.

7 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- [1]. Paper Remedial Action Scheme Based on Synchrophasor Measurements and System Angle Difference for Peru's 500 kV Grid. October 2016 / 43rd Annual Western Protective Relay Conference, October 2016.
- [2]. IEEE Standard for Synchrophasor Measurement for power Systems IEEE Std C37.118.1 – 2011, 28 December 2011.
- [3]. IEEE Standard for Synchrophasor Measurement for power Systems IEEE Std C37.118.2 – 2011, 28 December 2011.
- [4]. IEEE Guide for Phasor Data Concentrator Requirements for Power System Protection, Control, and Monitoring IEEE Std C37.244 – 2013, 10 May 2013.