



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

Subestación Margen Derecha - Seccionamiento de las Líneas de Transmisión L3/L11 y L4/L12 500 KV

Nestor Dario Giret Alfonso, Ronald Augusto Cáceres Gómez

ITAIPU Binacional

Paraguay

RESUMEN

Con la finalidad de que toda la energía generada por la Usina Hidroeléctrica de ITAIPU en 50 Hz sea transmitida en primer lugar a la Subestación de la Margen Derecha y desde ahí se distribuya al Sistema Interconectado del Paraguay del Brasil, las líneas IPU-50Hz-FI1 e IPU-50Hz-FI2 500 kV (denominadas L3/L11 y L4/L12 respectivamente) serán seccionadas en la Subestación Margen Derecha.

Con las 4 líneas seccionadas, una vez concluidas las obras, Paraguay estará en condiciones de retirar el 100% de la energía que le corresponde en Itaipu.

Para el seccionamiento de las líneas L3/L11 y L4/L12 de 500 kV, será necesario la ampliación de la subestación para el montaje de dos vanos completos de configuración interruptor y medio y construida nuevos tramos de LTs de 500kV.

El proyecto prevé la programación en secuencia de la desconexión de las LTs L3/L11 y L4/L12, para permitir los trabajos de desmontaje de las variantes provisionarias y el montaje de los nuevos tramos, compatibilizando las necesidades de reaprovechamiento de materiales y el tiempo máximo de fuera de servicio de cada línea.

La ampliación de la subestación prevé un sistema integrado de supervisión, control y protección de los nuevos equipos, estructurados en base a la arquitectura de IED's (Intelligent Electronic Devices) compatibles con la norma IEC 61850.

Este sistema también proporcionará información al actual Sistema de Control Computarizado (SCC) de la subestación y recibirá de ella los comandos asociados a su Bay. Desde el punto de vista jerárquico, el SCC será considerado como de mayor nivel de control que el sistema integrado local.

Será instalado un Sistema de Monitoreo de los equipos primarios de alta tensión, para monitorear, detectar fallas incipientes y suministrar información en tiempo real por medio de bases de datos y registros históricos, que permita un diagnóstico del estado de funcionamiento de los equipos.

PALABRAS CLAVES:

Subestación Margen Derecha

Seccionamiento

Líneas L3/L11 y L4/L12

Interligaciones Provisionarias IPI e IPII

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente de las barras de 50 Hz de la Subestación Blindada Aislada en SF6 ubicada en la Casa de Máquinas de la Central Hidroeléctrica de ITAIPU, salen cuatro (04) líneas de 500 kV que proveen energía de calidad al Sistema Interconectado Nacional del Paraguay y al Sistema Interconectado del Brasil, a saber: las líneas L1 y L2 se conectan a las barras de 500kV de la Subestación Margen Derecha, mientras que las otras dos (L3/L11 y L4/L12) se conectan directamente a la Subestación Foz do Iguacu de Furnas, a través de las Interconexiones provisionarias IPI e IPII 500kV en forma de bay-pas a la SEMD, independiente del sistema eléctrico nacional.

Con la finalidad que toda la energía generada por la Central Hidroeléctrica de ITAIPU en el sector de 50Hz sea transmitida en primer lugar a la Subestación de la Margen Derecha y luego de ahí se distribuya tanto al Sistema Interconectado del Paraguay como al Sistema Interconectado del Brasil, las líneas L3/L11 y L4/L12 serán seccionadas en la Subestación Margen Derecha, de modo que las líneas L3 y L4 conecten la Casa de Máquinas con la Subestación Margen Derecha, y las líneas L11 y L12 la Subestación Margen Derecha con la Subestación Foz do Iguacu de Furnas. Ver Figura 1

Conforme la Figura 1, la SEMD recibe actualmente, en condiciones normales de operación, la mitad de la potencia generada en 50Hz. Suponiendo en servicio las 10 unidades generadores de 700 MW c/u, tendremos 3.500MW entrando en la SE, con 1.750 MW por línea (2.245A, con tensión 500kV y fp 0,9) a través de las LTs L1 y L2 500kV.

Parte de energía es transmitida al Paraguay en 220 kV por medio de los Autotransformadores T1, T2, T3, T4, TX o T5 con capacidad instalada actual de 1.970 MVA (4x375 MVA + 1x470 MVA). Esa capacidad está siendo ampliada por medio de 2 Obras a saber:

- Repotenciación de los Autotransformadores de 375 a 450 MVA, elevando a 2.270 MVA en 220kV.
- LT 500 kV SEMD – SEVH con capacidad nominal 2.200 MVA.

Una vez concluida la LT 500kV SEMD - SEVH y la propia Subestación Villa Hayes, la capacidad total en la SEMD, para el sistema paraguayo, será de 4.470MVA. Este valor es superior a la potencia entregada actualmente por la central a la SEMD y a la demanda estimada por la ANDE para el verano 2012-2013 (2.480 MW).

En caso de pérdida de una de estas 2 LTs (L1 o L2 500kV), una línea entrará en régimen excepcional de operación. Del estudio de la referencia [4] se concluye que una sola línea podrá transmitir hasta 2.680 MW, durante corto periodo y en condiciones desfavorables de temperatura (verano) .

Para implementar el seccionamiento de las líneas, será ampliada la subestación prolongando las barras de 500kV, adicionándole dos celdas completas de 500 kV para el Seccionamiento de las líneas y una celda para el acoplamiento de las barras A1/A2 y B1/B2 de 500kV. También serán necesarios construir los nuevos tramos de LTs de 500kV siguientes:

- L3: Tramo e/ la Estructura AT4 N°303 - Pórtico SEMD; extensión aprox. 719m.
- L4: Tramo e/ la Estructura AT4A N°403 - Pórtico SEMD; extensión aprox. 705m.
- L11: Tramo e/ el Pórtico SEMD - Estructura AT N° 1105; longitud aprox. 1.290m.
- L12: Tramo e/ el Pórtico SEMD - Estructura AT N° 1205; longitud aprox. 1.200m.
- Montaje del Ramal de Entrenamiento; longitud aprox. 500m.

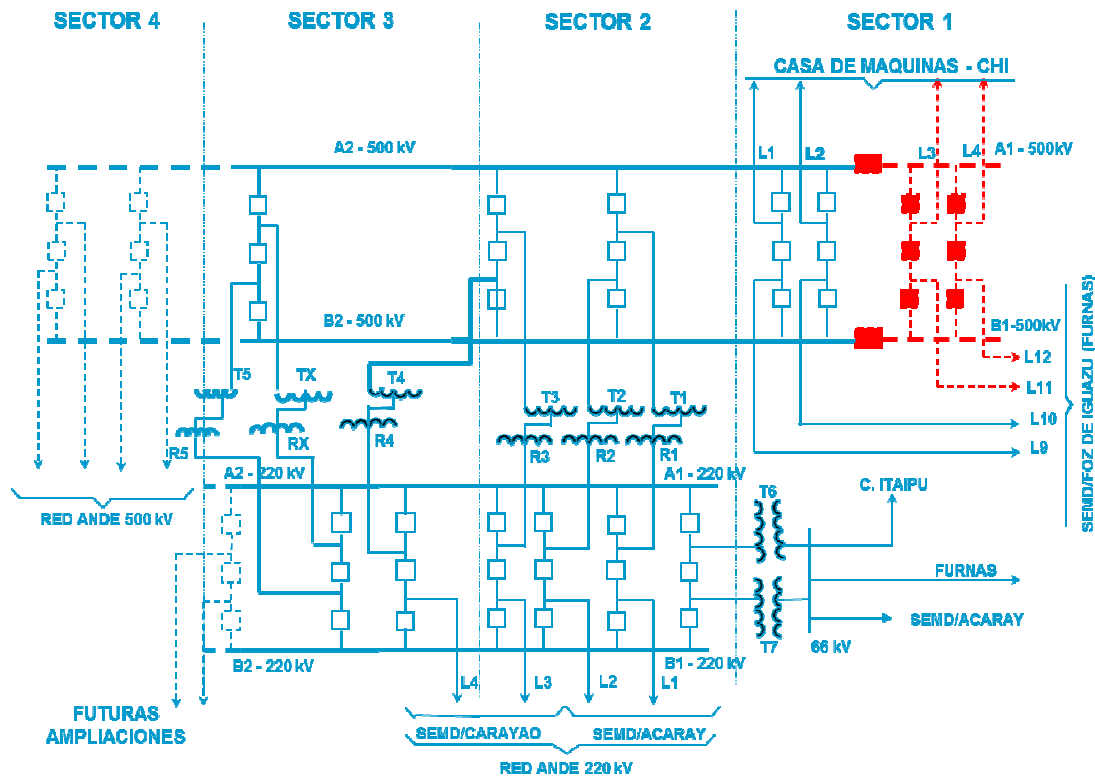


FIGURA 1: Diagrama Unifilar General de la SEMD

2. EJECUCION DE LA OBRA

2.1 Ampliación de la Subestación

Las obras serán ejecutadas en el Sector 1 de la subestación, en el patio que fuera previamente rellenada, compactada y nivelada con aportes de tierra extraídos del sector de la ampliación de la SEMD que dio origen a los nuevos patios de maniobras 500kV para los Autotransformadores TX/RX, T5/R5 y salida de LT 500kV para la SEVH en Villa Hayes. La nueva ampliación para el seccionamiento abarcará un área de 9 hectáreas. Ver Figura 2

Serán suministrados e instalados los siguientes equipos y sistemas:

- 08 (ocho) interruptores trifásico 500 kV
- 16 (diez y seis) seccionadoras trifásicas 500 kV
- 04 (cuatro) seccionadoras trifásicas con P.A.T 500 kV
- 36 (treinta y seis) transformadores de corriente 500 kV
- 12 (doce) descargadores 420 kV
- 18 (diez y ocho) transformadores de tensión 500 kV
- Ampliación del sistema de protección de barras de 500 kV
- Sistema de supervisión y control de los bay de 500 kV
- Protección para las LTs seccionadas de 500 kV

- Sistema de monitoreo de los bay de 500 kV
- Sistema de medición de energía para facturación en las líneas L11 y L12 de 500 kV (SEMD / SE Furnas).
- Sistema para oscilografía y registro secuencial de eventos,

2.2 Construcción de las Líneas de Transmisión

Las líneas IPU-50Hz-FI1 e IPU-50Hz-FI2 500kV, actualmente rodean la Subestación, a través de las variantes provisionarias PI y PII, interconectando la Casa de Máquinas de la Central de ITAIPU hasta la Subestación de Foz do Iguaçu (FURNAS).

El proyecto ejecutivo fue elaborado hace más de 20 años, considerándose las configuraciones provisionarias (actual situación con variante), y la definitiva, ya previendo el seccionamiento futuro de las líneas.

Las líneas a ser seccionadas poseen las siguientes características:

Línea de Interconexión de 500 kV IPU-50Hz-FI1

- Fecha de energización: 06/07/1987
- Cantidad de estructuras: 30 torres
- Extensión: 11,192 km
- Cable conductor: CAA 954 kcmil – RAIL, 4 sub-conductores por fase
- Cable pararrayos: CAA 266,8 kcmil – PARTRIDGE

Línea de Interconexión de 500 kV IPU-50Hz-FI2

- Fecha de energización: 13/04/1988
- Cantidad de estructuras: 32 torres
- Extensión: 11,086 km
- Cable conductor: CAA 954 kcmil – RAIL, 4 sub-conductores por fase
- Cable pararrayos: CAA 266,8 kcmil – PARTRIDGE – 2 conductores por torre

2.3 Ramal de Entrenamiento

Durante la etapa de desmontaje de la variante provisionaria PII, permanecerán las estructuras P204 y P205, con los respectivos cabos conductores y pararrayos y montada una nueva torre de anclaje tipo AA, para dar lugar a la construcción del denominado Ramal de Entrenamiento.

Este ramal de línea de aproximadamente 500m tendrá como objetivo entrenar al personal de mantenimiento de LTs de 500 y 220 kV, para lo cual en una fase lateral será modificada la configuración de haz de conductores de 4 para 2 cabos y sustituidas las respectivas cadenas, de acuerdo con los padrones de líneas de 220 kV. En el futuro, se pretende crear un centro de entrenamiento regional de LTs de 500 y 220 kV.

2.4 Datos de la Contratación

- Contratista: ABB-Sta Rita
- Plazo de Ejecución: 24 Meses

- Fecha de Inicio: 22 de Marzo 2012
- Energización LT L3 y L11 500kV: Setiembre 2013
- Conclusión de las Obras: Enero 2014



FIGURA 2 : Vista Aérea del Patio para el Seccionamiento de las LTs

3. SISTEMAS DE PROTECCION

Tal como en las líneas de transmisión L1, L2, L9 y L10, de la SEMD, serán suministrados dos sistemas de protección redundantes e independientes para cada uno de los terminales de las líneas de transmisión L3, L4, L11 y L12, conforme Figura 3:

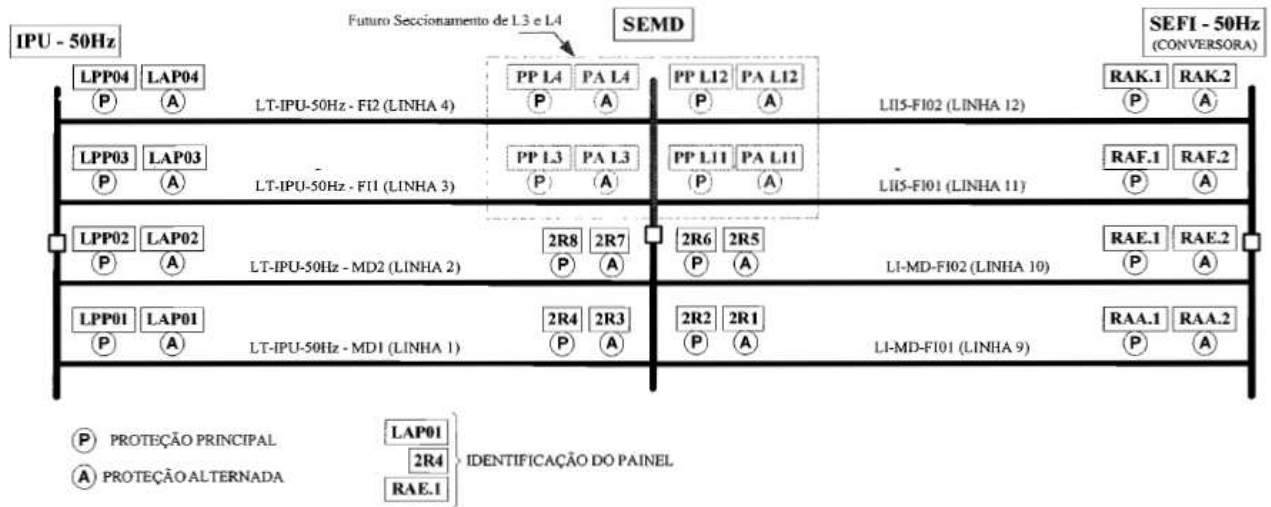


FIGURA 3: Sistema de Protección IPU – SEMD - FURNAS 50 Hz

El sistema de protección deberá ser idéntico al existente en las líneas de transmisión L1, L2, L9 y L10 para evitar incompatibilidad de ajustes, comunicación, testes, comandos, controles y servicios de mantenimiento.

El sistemas de protección será implementado con base en unidades de hardware multifuncionales, modulares e independientes y bibliotecas de funciones de software especializadas de protección, control, comunicación, supervisión y demás funcionalidades auxiliares y de soporte, identificadas en la norma IEEE C37.2-1996 y atenderá los requisitos establecidos en la norma IEC 61850.

La solución de instalación de los equipos de protección primaria y alternada de las líneas de transmisión de 500kV será implementada a través de IEDs de protección diferencial RED670.

La comunicación entre los IEDs y los gateways de comunicación y/o estaciones de ingeniería se dará a través del protocolo de comunicación IEC 61850. La función de gateway de comunicación será realizada a través de computadores industriales.

La sincronización de tiempo será realizada a través del protocolo SNTP. Las actuaciones de las protecciones será implementadas por doble medio físico: a través de la red IEC 61850 (mensaje GOOSE) y vía cables metálicos.

4. SISTEMAS DE SUPERVISION Y CONTROL

Los objetivos generales del sistema integrado local de supervisión y control de los nuevos vanos son:

- Proveer los medios, al nivel inmediato de control, para la supervisión y el control de los nuevos vanos;
- Integrar y adquirir la información proveniente de los IEDs de protección digital de las líneas L3, L4, L11 y L12 500kV;
- Permitir el tráfico de informaciones de actuación de las protecciones de barra de la SEMD (mensajes GOOSE) y procesarlas a los efectos de bloqueo de cierre de los interruptores de los referidos vanos;

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

- Proveer información en tiempo real, al Sistema de Control Computarizado (SCC-IFS) de la Subestación Margen Derecha y recibir de parte del mismo los comandos asociados con estos nuevos vanos. Desde el punto de vista jerárquico el SCC debe ser considerado como un nivel superior de control al sistema integrado local (SIL SL500) de los nuevos vanos de línea.

En el largo plazo, todos los IEDs proveídos con este sistema serán dispuestos para conformar un sistema integrado futuro de supervisión, control y protección que comprenda la totalidad de la Subestación Margen Derecha.

Es necesario poner énfasis en que los nuevos vanos de líneas asociados al seccionamiento de las líneas de transmisión y supervisados por el sistema integrado local (SIL SL500), serán implementados a través de Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IEDs), y/o RTUs que sean totalmente compatibles con la norma IEC 61850. Esto significa que la integración de los equipos será a través de arquitectura compatible con la norma IEC 61850 y que el sistema debe implementar todos los servicios, modelos de objetos, interfaces de comunicación, etc., conforme definido en la norma.

4.1 Arquitectura Referencial del Sistema

El diseño de la Figura 4 muestra la arquitectura referencial deseada para el sistema integrado local de supervisión, control y protección de los equipos primarios asociados con el seccionamiento.

La misma se basa sobre una topología estructurada en tres niveles: el nivel de la estación, el nivel del vano y el nivel del proceso. La red de acceso local - LAN será del tipo mixto (en parte anillo óptico y en parte estrella óptica), estructurada sobre la base de switches Ethernet. La red de acceso local LAN deberá utilizar fibras ópticas para interconectar los diferentes IEDs.

El nivel de la estación estará constituido por una estación con función de interfaz hombre-máquina y otra estación con doble función: a) configuración/parametrización del sistema y de los IED's de supervisión, control y, b) Recuperación y análisis de datos de oscilografía almacenados en los IED's de protección de las líneas de transmisión de 500 kV. Además, este nivel de estación deberá poseer 2 (dos) gateways para la comunicación de este sistema con el Sistema de Control Computarizado de la SEMD (IFS-SCC).

El nivel del vano será el nivel intermedio y comprenderá IED's redundantes para la supervisión y control de los equipos eléctricos de los vanos y los IED's para la protección primaria y alternada de las líneas. Dicho nivel de vano corresponde al patio de 500 kV (sector 1 de la SEMD). Los IEDs de supervisión y control deberán ser idénticos por cuestiones de confiabilidad y deberán operar en forma redundante.

La adquisición de datos junto al nivel del proceso deberá darse de 2 formas distintas:

- Datos de estado y analógicos: Deberán ser empleados dispositivos de adquisición de datos junto al proceso, que sean extensiones de la barra propia de entradas y salidas de los IEDs de supervisión y control de los vanos (I/Os distribuidos o sensores actuadores), los cuales deberán transmitir las informaciones de estado a los IED's de supervisión y control, a través de un enlace basado obligatoriamente en fibra óptica.
- Datos analógicos de tensión y corriente: A través de cableado convencional de cobre, las informaciones provenientes de los secundarios de TC's y TP's, serán encaminadas a los IED's

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

de vano, donde sucederá la digitalización de la información en cada IED.

La ejecución de comandos/control junto a los equipos primarios sucederá de 2 (dos) formas distintas:

- Trips (disparos) de interruptores por la protección: En cableado convencional, directamente a partir de los IED's de protección;
- Comandos/control supervisorio: Deberán ser transmitidos digitalmente, a través de la red IEC 61850, a los I/Os distribuido (sensores /actuadores).

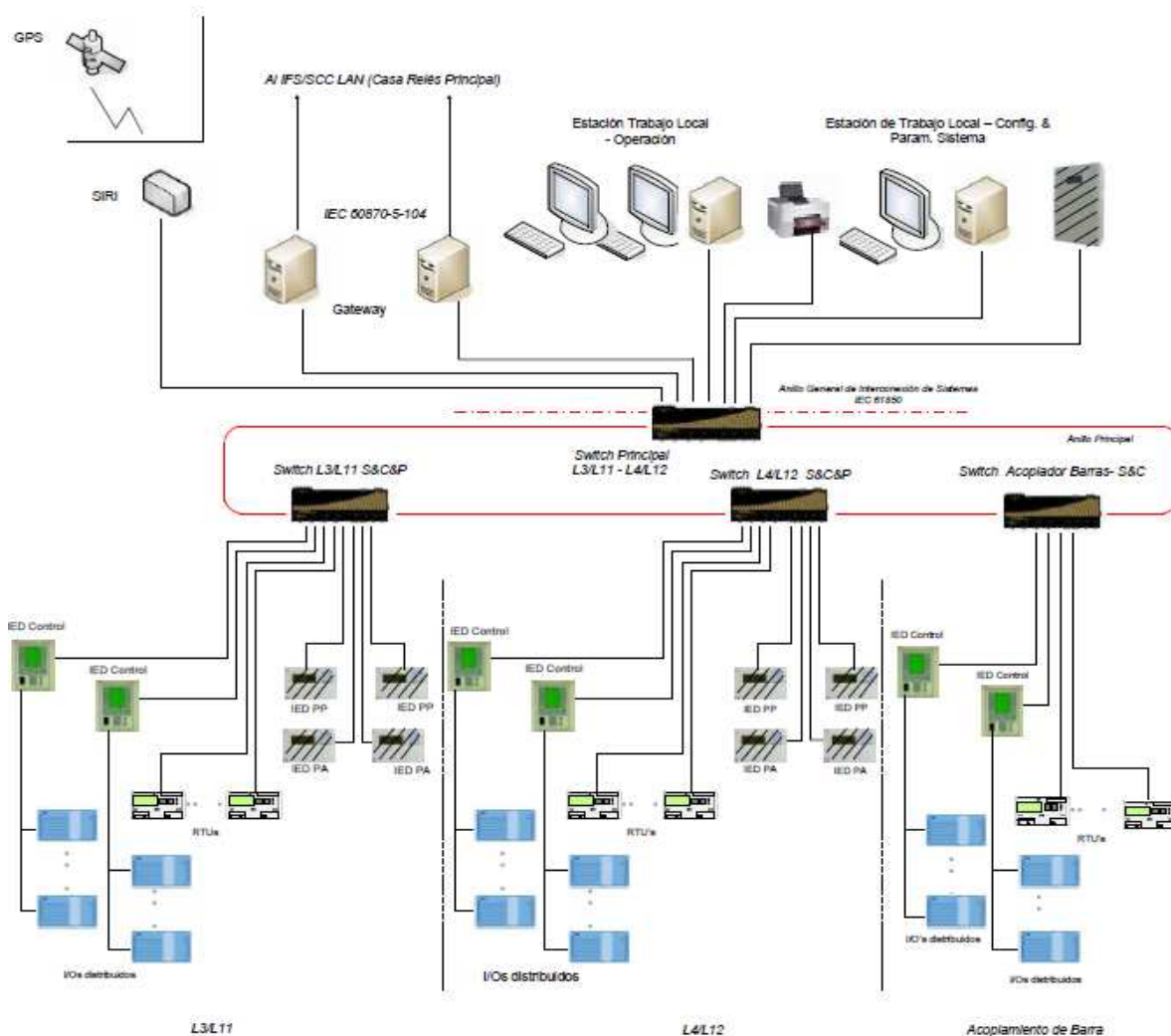


FIGURA 4: Arquitectura del Sistema de Supervisión, Control y Protección

5. SISTEMA DE MONITOREO

El objetivo general del Sistema Integrado de Monitoreo y Detección será consolidar, en un único sistema, el monitoreo, la detección y los diagnósticos correspondientes de todos los interruptores,

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
 19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

seccionadores y transformadores a ser suministrados e integrar a este sistema todos los activos de alta tensión asociados con los conjuntos auto-transformadores/transformadores-reguladores T5/R5 y Tx/Rx, y la posición de salida de la LT 500 kV SEMD – Villa Hayes, que actualmente se encuentran monitoreados por un sistema de monitoreo local.

El sistema proveerá a la operación y el mantenimiento de las informaciones necesarias, tanto en tiempo real como por medio de bases de datos y registros históricos, relacionadas a la integridad física y funcional de los equipos. Para el efecto, se instalarán, en cada equipo a ser monitoreado, los IEDs, sensores, detectores y demás componentes adecuados para adquisición de las magnitudes y estados y para cálculos de las variables necesarias por las funciones de monitoreo, detección y diagnóstico. Para el caso de equipos ya integrados al sistema de monitoreo local existente, los mismos serán transferidos al nuevo sistema, adecuando para esto los IEDs de monitoreo y la red de comunicación existentes. Los sensores de detección y monitoreo serán conectados a los Paneles de Monitoreo Local (PML), donde están ubicados los IEDs. El sistema contará con una Estación de Monitoreo Central (EMC) con capacidad de registrar, analizar, comparar y almacenar las informaciones provenientes de los diversos PMLs instalados en los equipos de alta tensión. Esta EMC estará instalada en la Casa de Relés Principal de la SEMD. Los PMLs estarán conectados, por medio de una red de comunicación, a la Estación de Monitoreo Central (EMC) utilizando comunicaciones de acuerdo con la norma IEC 61850.

4.1 Arquitectura del Sistema

La Figura 5 presenta la arquitectura referencial del sistema. La topología corresponde a una red principal del tipo estrella, cuyo medio físico estará constituido por fibras ópticas u otros medios físicos compatibles con los requisitos de los servicios de comunicación a ser implementados. La comunicación de datos será realizada de acuerdo a lo establecido en la norma IEC 61850.

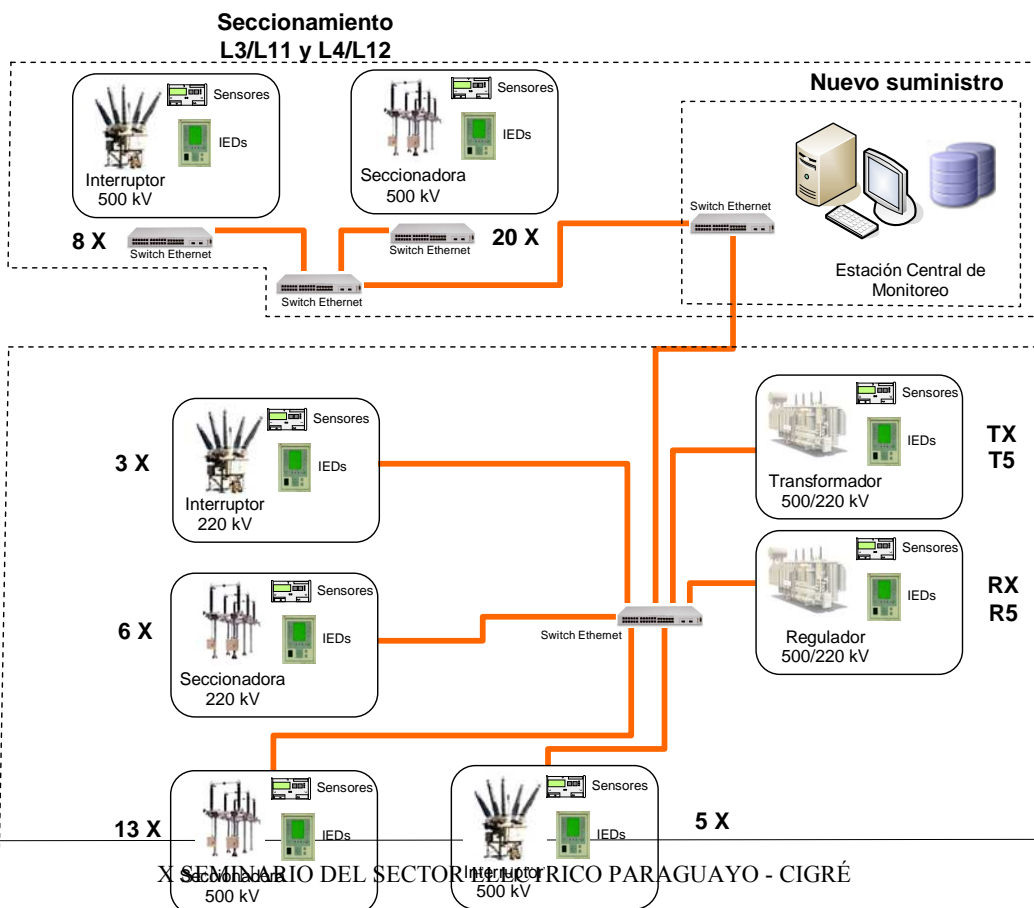


FIGURA 5: Arquitectura Referencial del Sistema de Monitoreo

BIBLIOGRAFIA

- [1] Especificación Técnica SPC.010/11 - 6499-20-15200-E Subestación Margen Derecha - Ampliación del Sector 1 - Patio de Maniobras 500kV - Seccionamiento LTs L3/L11 y L4/L12, ITAIPU, Agosto 2011.
- [2] Especificación Técnica SPC.010/12 - 6499-20-15201-P Subestação Margem Direita - Ampliação do Setor 1 - Patio 500kV - Seccionamiento LTs L3/L11 e L4/L12 - Esp. Técnica da Proteção das Linhas L3/L11 e L4/L12 500kV., ITAIPU, Julio 2012l
- [3] Informe Técnico 6499-10-01005-E Subestación Margen Derecha - Ampliación del Sector 1 - Patio de 500kV - Seccionamiento L3/L11 y L4/L12 – Máxima Capacidad de Transmisión de Equipos y Conductores para Régimen de Emergencia, ITAIPU, Nov. 1996
- [4] Informe Técnico 6449-10-01001-E Interligaciones Aereas 500kV – Entrada de las Líneas L3/L11 y L4/L12 en la SEMD – Determinación de la Máxima Capacidad de Transmisión de Potencia en las LTs 500kV 50Hz., ITAIPU, Oct. 1995.
- [5] Informe Técnico 6449-10-00305-P Interligações Aereas 500kV – Escolha do Condutor e Configuração da Fase, ITAIPU, Set. 1980.
- [6] Informe Técnico 6693-10-G0104-E Línea de Transmisión SEMD –SE Villa Hayes – Proyecto Básico, Criterios para el Diseño Detallado de la Línea, ITAIPU, Dic. 2008.