

Modernizaciones de sistemas de control de unidades generadoras y de infraestructuras de redes en la Central Hidroeléctrica Yacyretá en 2021

Msc. Ing. Paulino Aguayo Rojas

Entidad Binacional Yacyretá (EBY)

Paraguay

1.1 RESUMEN

El Departamento Técnico de la Entidad Binacional Yacyretá (DT-EBY) se encuentra llevando a cabo una actualización tecnológica en la Central Hidroeléctrica Yacyretá (CHY), siguiendo un Plan Integral de Modernización de los Sistemas de Control, Protecciones y SCADA en conjunto con las infraestructuras de redes, datacenter y ciberseguridad de la CHY. En el 2021, el DT-EBY logró concretar varias modernizaciones importantes: el sistema de control de arranque y parada, el monitor de temperaturas, y la unidad terminal remota para el SCADA de las unidades generadoras U09 y U20 de la Central Hidroeléctrica Yacyretá (CHY), la construcción del centro de procesamiento de datos principal con nivel Tier 3, la instalación de infraestructura de redes y fibras ópticas en la galería de equipos eléctricos de la Central, la puesta en marcha del sistema ECCA-CHY para proveer datos para el sistema ECCANDE de interconexión de los sistemas eléctricos de Itaipú/MD-ANDE-Yacyretá-SADI-UTE, la culminación del sistema de Control Conjunto de Emergencia (CCE), actualización del Sistema de Operación en Tiempo Real (SOTR), implementando todos estos proyectos dentro de una arquitectura con ciberseguridad que permite cerrar la brecha [1] entre los niveles de OT e IT. La gran mayoría de estos proyectos se implementaron íntegramente durante la pandemia de Covid-19.

1.2 PALABRAS CLAVE

Sistema de control de arranque/parada de unidad generadora, Monitor de Temperaturas, SCADA, Sistema de Operación en Tiempo Real, SOTR, Sistemas IT/OT, Ciberseguridad, infraestructura estratégica, infraestructura crítica, ECCANDE, ECCA-CHY, Modelo de Referencia CPwE, Control Conjunto, Control Conjunto de Emergencia, Sistemas basados en PLC, arquitectura de red, servicios de red, Centro de Procesamiento de Datos, Data Center, Tier 3.

1.3 MODERNIZACIÓN INTEGRAL DE LOS SISTEMAS DE CONTROL, PROTECCIONES Y SCADA DE LA CHY

En mayo de 2018 el Departamento Técnico definió los alcances y las especificaciones técnicas del Plan de Modernización Integral de los Sistemas de Control, Protecciones y SCADA de la Central Hidroeléctrica Yacyretá (CHY).

Las justificaciones principales para el Proyecto de Modernización Integral eran:

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

- El estado de obsolescencia generalizado de los sistemas de control, protecciones y SCADA de la CHY y el aumento de las fallas de dichos sistemas.
- La falta de repuestos confiables para dichos sistemas.
- La posibilidad cierta de fallas que puedan afectar seriamente a la generación de la CHY.
- La dificultad para el acceso a los datos de CHY necesarios por los despachos de ANDE, CAMMESA y TRANSENER y por la alta gerencia de la EBY para la toma de decisiones, mediante la utilización de las modernas tecnologías informáticas y de comunicación.

1.3.1 Resumen del Alcance y Tecnología del Plan de Modernización Integral del DT-EBY

Suministro, ingeniería y montaje de:

- Sistema de Control de Unidad (Secuencias de Arranque/Parada) para 18 UG, basado en PLC's redundantes Siemens Simatic S7-410 5H y Programación basada el Simatic PCS7.
- Sistema de Protecciones para 18 UG basados en la familia Siprotec 5 de Siemens
- Sistema SCADA de Nivel 3: Siemens Spectrum Power 7
- Infraestructura de Ingeniería colaborativa y Modelo digital de Planta basado en COMOS
- Data Center Principal y Secundario de nivel 2
- Equipamiento de las Salas de Control Intermedios (MOI1...MOI4)
- Redes de Fibra Óptica para los niveles de control 1, 2, 3
- Capacitaciones para Operación y Mantenimiento
- Soporte Evergreen por 10 años

En la Figura 1 se puede apreciar el diagrama conceptual de los sistemas de control asociados a una unidad generadora que haya sido modernizada por completo según el Plan de Modernización Integral. Los diferentes sistemas intercambian información mediante protocolos de comunicación (IEC-104, ProfiNet, ProfiBus o S7 Connect) por cableados de fibra óptica o cobre. Los disparos de las protecciones siempre se realizan por cableado duro.

1.4 PLAN DE CONTINGENCIA DE IMPLEMENTACIÓN RÁPIDA

En octubre de 2019 el Departamento Técnico, en vista de la persistencia de la situación de emergencia de los sistemas de control, inició el Plan de Contingencia de Implementación Rápida, basado en las siguientes premisas:

- Las soluciones tecnológicas por adquirir debían ser parte y estar en consonancia con el Plan de Modernización Integral.
- El monto estimado para este proyecto no debe superar la partida presupuestaria disponible para modernizaciones de sistemas de control del año 2019.
- Las empresas a implementar el Plan de Contingencia serán RIEDER & CÍA de Paraguay y LC-TECH S.A. de Argentina.
- Las compras serían segmentadas en diversas Órdenes de Compras para agilizar su resolución.

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

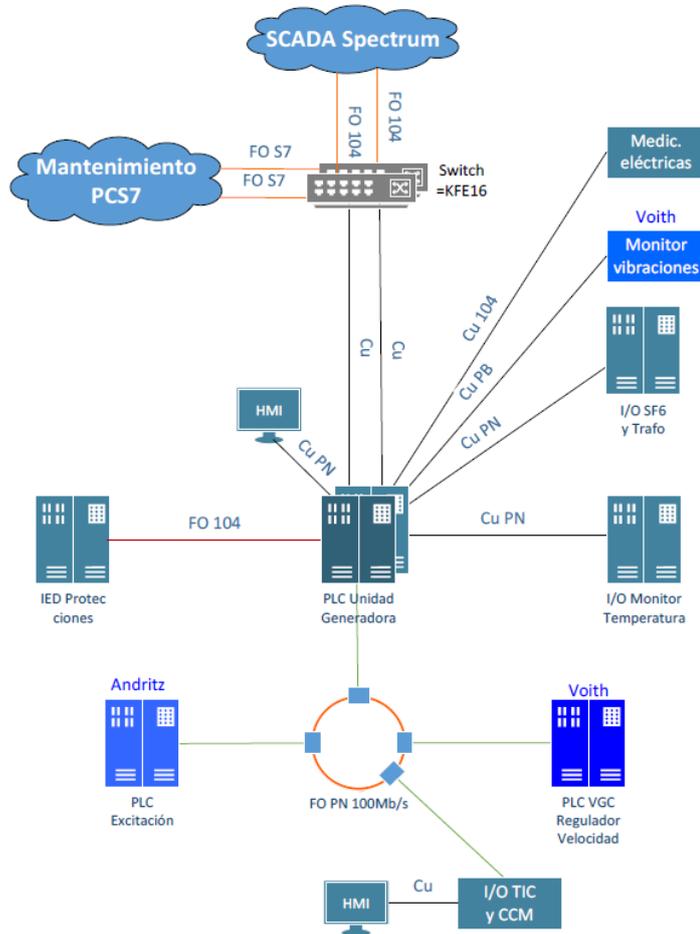


Figura 1: Sistemas de Control en una Unidad Generadora modernizada por completo

La Tabla I muestra la segmentación final del Plan de Contingencia. Se puede observar que existió casi un año de demora entre la concepción del Plan y el inicio de los trabajos, que ocurrió en plena Pandemia del covid-19.

Tabla I: Órdenes de Compras del Plan de Contingencia de Implementación Rápida

Descripción del Proyecto	Contratista	Fizcalización	Concepción	Inicio
Protección Generador y Trafo AT (2 UG)	RIEDER	Protecciones	Oct/2019	10/09/2020
Sist. de recolección Autom. de Oscilog.				11/09/2020
Protección de Barras				18/11/2020
Kit de Intervención Rápida p/ 2 UG	LC TECH	H&S	Oct/2019	2/07/2020
Infraestructuras de redes y FO en GEE				2/07/2020
Data Center Principal - Construcción				2/07/2020
Redes IT/OT ciberseguras				2/07/2020
Kit de UTR p/ SCADA p/ 2 UG				Set/2020

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

Inicialmente los diversos componentes de Plan de Contingencia relacionados con los Sistemas de Control y Protecciones para 2 Unidades Generadoras fueron pensados para instalarse separadamente en cualquier UG que tuviera una falla, en algún sistema de control o sistema de protecciones. Sin embargo, durante el 2020, el DT-EBY decidió que los todos esos componentes serían utilizados para modernizar 2 UG de acuerdo con el Cronograma de Intervención de Unidades Generadoras (CIUG) vigente en aquel momento. De esa forma se eligieron las UG U20 y U09 para ser modernizadas mediante el Plan de Contingencia.

1.4.1 PC-0519/1120 MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y DE LA UTR PARA EL SCADA DE LAS UNIDADES GENERADORAS U09 Y U20

En el presente trabajo se describen únicamente los proyectos de modernización llevados a cabo y fiscalizados por el Área de Hardware y Software del Sector Mantenimiento del DT-EBY.

En la Figura 2 se ven los subsistemas de control que componen una UG típica de CHY. Todos, excepto el Regulador VGC, han estado funcionando por más de 27 años y se encuentran en estado de obsolescencia. Los subsistemas más críticos son los de Control de Unidad, Monitor de Temperaturas y la UTR Siemens LSA para comunicación (por protocolo IEC-101) con el SCADA y son los que fueron elegidos para ser modernizados. La razón por la cual no se modernizaron todos los subsistemas fue estrictamente económica.

Inicialmente se le solicitó al contratista que cotice módulos separados de los subsistemas de Control de Arranque/Parada de Unidad, Monitor de Temperatura y Unidad Terminal Remota (UTR) para comunicación con el SCADA.

En la Figura 3 se observa una UG modernizada con 3 de estos Módulos de Reemplazo Rápido (QRM). El reemplazo de la UTR LSA se realiza con un PLC simple Simatic S7-410 5H con una IHM separada y conectado a un dispositivo IoT Siemens Simatic. El Monitor de temperatura también usa un PLC S7-410 5H simple, conectado a su I/O correspondiente.

Durante la etapa de elaboración de la ingeniería de detalle la EBY comunicó al contratista que deseaba utilizar los módulos QRM (Control de Unidad, Monitor de Temperaturas y UTR) simultáneamente para modernizar 2 UG que estuvieran con mantenimiento programado (MAPRO), que debido al cronograma CIUG de la EBY serían primeramente la U20 y luego la U09. Ante esta situación, el contratista comunicó a la EBY que era posible realizar una optimización para hacer más eficiente y fiable la arquitectura de control. La solución propuesta consistía en utilizar un único PLC redundante Simatic S7-410 5H junto con un IoT, para realizar las funciones de los 3 módulos. Esto conllevaría beneficios técnicos (permitiendo, por ejemplo, modificaciones de hardware y software en caliente, reducción de cableados y de módulos de I/O, etc.) y económicos, pues quedarían como repuestos 1 PLC redundante S7-410 y 2 IHM Simatic. La EBY aceptó esta propuesta que puede verse en la Figura 4.

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

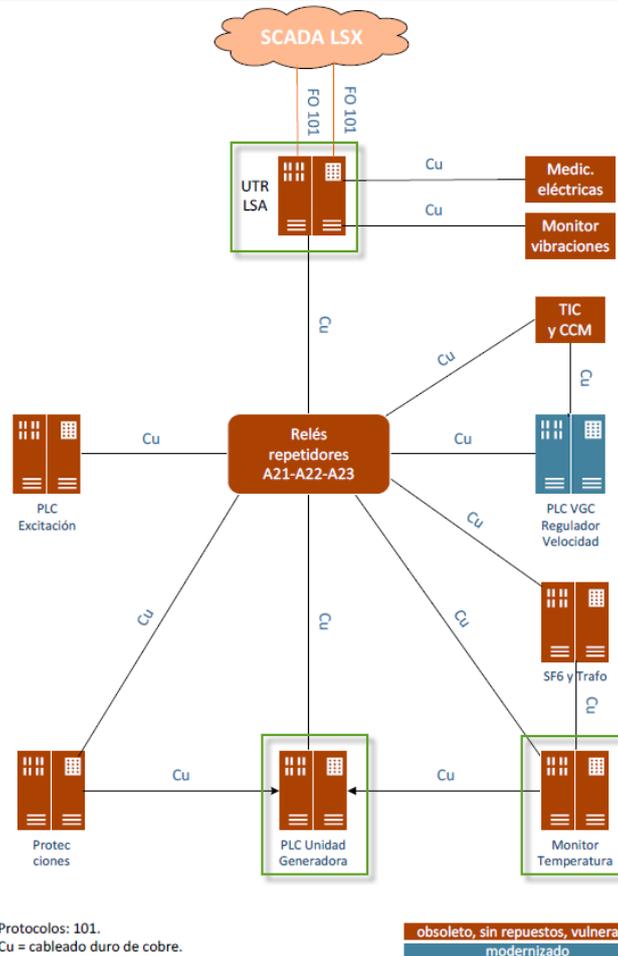


Figura 2: Sistemas de Control en una Unidad Generadora de CHY, casi sin modernizar

1.4.1.1 Dificultades encontradas en la ejecución del Plan de Contingencia

- Toda la fase de implementación del Plan de Contingencia ocurrió durante la pandemia de Covid-19 desatada a partir de marzo de 2020 hasta el presente en la región. La pandemia afectó bastante al Proyecto y tuvo consecuencias de mayores costos incurridos y mayor tiempo de ejecución que el previsto originalmente.
- El tradicionalmente lento sistema de compras de la EBY.
- Lograr la coordinación y cooperación entre las 2 empresas contratistas RIEDER de Paraguay y LC TECH de Argentina, para lograr que ambas lleguen con su ingeniería, provisión de equipos al mismo tiempo en las 2 UG's seleccionadas para modernizar.
- Problemas durante la etapa de Ingeniería de Detalle de la OC-101194 por parte de LC TECH:
 - La visita a la CHY para realizar la Ingeniería de Detalle se realizó durante la fase más dura de medidas contra el Covid. Los técnicos e ingenieros del contratista debieron realizar el relevamiento de los cableados, borneras y otros

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

- vestidos con indumentaria casi propia de un laboratorio donde se guardan virus muy peligrosos.
- Dificultades para encontrar los planos, programas y otros datos necesarios dado que no estaban disponibles en la Oficina Técnica de CHY, o si estaban disponibles eran de la etapa de puesta en marcha de hace 27 años.
 - Retrasos en la ejecución y puesta en marcha (PEM) de las UG's 9 y 20
 - **U20:** en el C.I.U.G. de 12/08/2020 la parada de la U20 comenzaba el 1/04/2021 y terminaba el 27/05/2021. En la práctica la U20 paró el día 12/07/2021 y las pruebas funcionales terminaron el día 9/09/2021.
 - **U09:** de acuerdo al C.I.U.G. de 12/08/2020 la parada de la U09 debía comenzar el 24/08/2021 y debía terminar el 19/10/2021. En la práctica la U09 paró el día 13/09/2021 y las pruebas funcionales terminaron el día 10/11/2021.

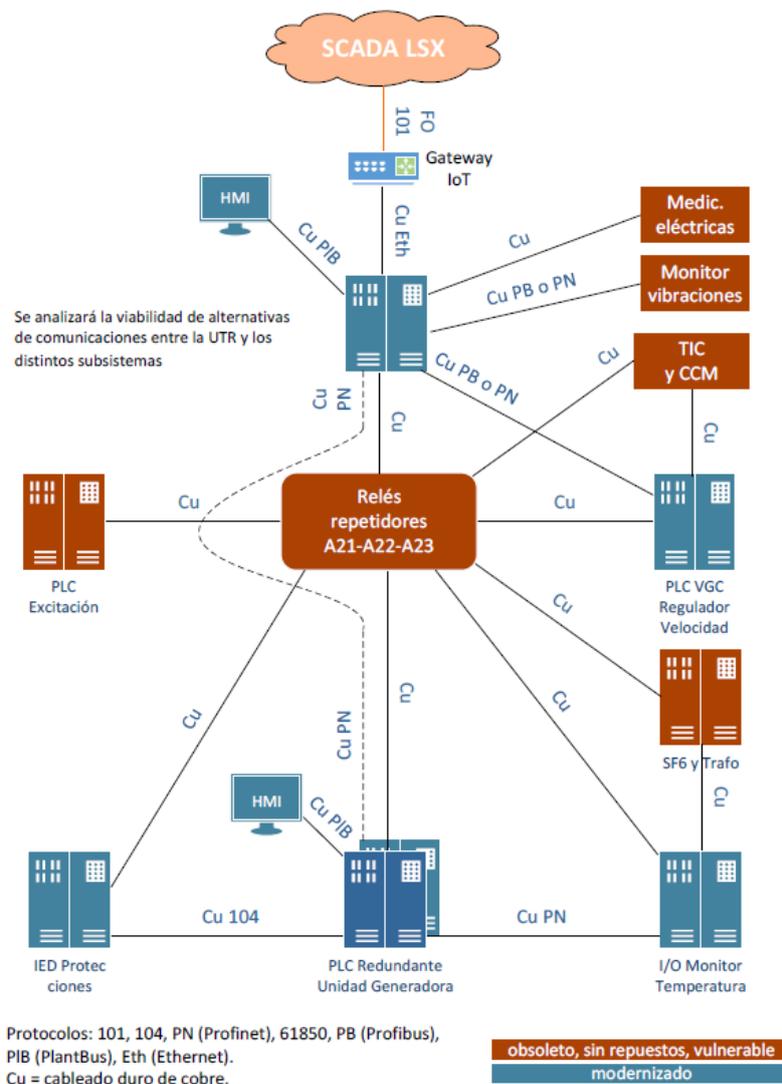


Figura 3: Sistemas de Control en una UG modernizada con los kits de Contingencia

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

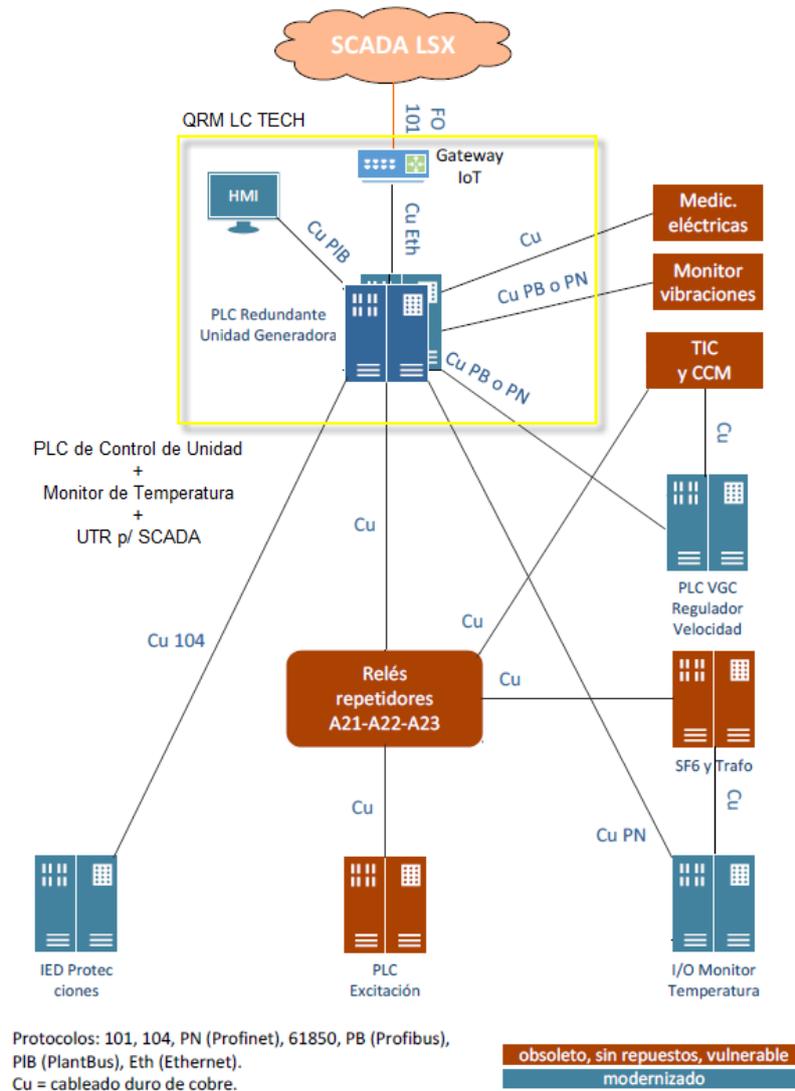


Figura 4: Sistemas de Control en una UG modernizada con los kits de Contingencia

1.4.1.2 Conclusiones sobre la modernización de la U09 y la U20 por el Plan de Contingencia

Si comparamos la modernización de la U09 y U20 con la del Paquete de Emergencias que modernizó la U02 y la U19 (contratista Voith), se tiene que la del Plan de Contingencia presenta valores agregados o ganancias adicionales:

- La demora en la implementación de la solución planificada es bien menor para el caso de la U09 y de la U20, incluso si se considera la inclusión de las mejoras para superar la falla de la U09.

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

- La solución del Plan de Contingencia corresponde a una implementación parcial de la solución del Plan de Modernización Integral de la CHY, y por lo tanto todo el hardware y software utilizados son partes de dicho plan integral.
- Se demostró que, ante una falla, los contratistas “locales” pueden dar una asistencia casi inmediata in situ. Algo que no ocurre ni por asomo cuando los contratistas son empresas con sedes fuera de Paraguay o Argentina.
- Otra característica importante de la arquitectura de los sistemas de control implementados en la U09 y U20 son la redundancia de los PLC utilizados, lo cual permite realizar cambios en caliente sin parar la UG. Esto se constató en varias oportunidades durante los trabajos y en la SAT.
- También no se debe olvidar que toda la lógica programada en estos contratos está libre de protecciones del fabricante o del contratista. No existen bloques en los que no se pueda ver o modificar (si fuera necesario) lo programado, en contraste con la programación, por ejemplo, de los sistemas de control del Paquete de Emergencia de las U02 y U19 y del Control Conjunto de Emergencia.
- Ha sido importante la mejora obtenida en la tasa de transferencia de datos del IOT al PROKON, ya que se evita con esto la saturación del canal de comunicación entre aquel y el PLC, pese a tener una comunicación serie de baja velocidad. La implementación de la comunicación del PLC de Control de Unidad con el SCADA por medio del IOT es mucho más estable que la lograda para las UG U02 y U19 por Voith.
- Las pantallas de la interfaz hombre-máquina (IHM) de las U09 y U20 fueron diseñadas en cercana colaboración de los operadores de la CHY, y por lo tanto se adaptan exactamente a sus preferencias y experiencias. El resultado es que dichas pantallas son de aceptación generalizadas por los operadores de la CHY.
- Ha habido una transferencia de conocimiento importante desde los contratistas hacia los técnicos, ingenieros y usuarios de la EBY.

1.5 PR-0419 - INFRAESTRUCTURAS DE REDES Y FO EN GEE

Con este proyecto se adelanta la etapa correspondiente al mismo del Plan de Modernización Integral del DT-EBY, atendiendo también otras demandas urgentes de CHY.

Se instalaron las redes de fibra óptica monomodo de 24 hilos, gabinetes y switches en las 20 Salas de Control Local, las 2 Salas de Relés, los Data Centers y la Galería de Equipos Eléctricos (GEE) de la cota 64 de la Central Hidroeléctrica Yacyretá y, adecuarlas para la interconexión transversal de los diversos sistemas de tecnologías operativas (OT) de la Central. Para dicha funcionalidad, cada Data Center y cada Sala de Control Local cuenta con un gabinete rack con equipos de networking desde el cual conformar las distintas redes, a los cuales llegan los correspondientes anillos de fibra óptica sobre los cuales conformar las distintas redes de control y monitoreo. Esta tecnología de última generación sustituye a dispositivos y redes existentes, los cuales en muchos casos se hallan en un estado terminal

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

de obsolescencia. Este proyecto se integra al otro proyecto de la arquitectura cibersegura adoptada para la CHY. La designación de cada elemento de las redes y los planos deberá realizarse según la norma IEC 81346-10, mientras que la documentación deberá regirse por la norma IEC 61355.

Esto posibilitará ir incorporando nuevas tecnologías en las distintas UG, y a medida que se actualicen incluirlas en el nuevo sistema de control.

Los trabajos de este contrato empezaron el 4-12-2020 y terminaron el 21-03-2021 de manera totalmente satisfactoria con la Prueba de Aceptación en Sitio (SAT).

1.6 PD-0519 - DATA CENTER PRINCIPAL - CONSTRUCCIÓN

El objetivo de este contrato era la **ADQUISICIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA PARA EL NUEVO CENTRO DE PROCESAMIENTO PRINCIPAL** en la Central Hidroeléctrica Yacyretá a fin de modernizar y ampliar el Data Center existente, con tecnología de última generación acorde a las necesidades actuales y previstas, y que exceda las capacidades funcionales del equipamiento actual, el cual se encuentra en un estado de obsolescencia.

El Contratista realizó el análisis, evaluación de las condiciones actuales, recomendaciones estratégicas, diseño, provisión, traslados, instalación, configuración y puesta en servicio de los distintos sistemas de infraestructura requeridos para el nuevo Centro de Procesamiento Principal.

El Contratista planificó y ejecutó los trabajos de manera de garantizar a los sistemas de infraestructura provistos, los niveles de redundancia y resiliencia tales que permitan tareas de mantenimiento concurrente (con capacidad de certificar como Tier III del Uptime Institute [2], para cada uno de los componentes de la infraestructura de misión crítica (estructura civil, arquitectura, sistema eléctrico, sistema mecánico, protección contra incendios, seguridad de acceso, y redes de datos), sin que se produzcan interrupciones del servicio, contemplando los estándares internacionales y normas locales, en materia de disponibilidad, resiliencia, fiabilidad y sustentabilidad operativa de todos los subsistemas que componen el Centro de Procesamiento Principal.

1.6.1 Alcance del suministro

El Contratista realizará el diseño, provisión, verificación y adecuación edilicia, instalación, configuración y puesta en servicio de la infraestructura del nuevo Centro de Procesamiento Principal de la Central Yacyretá, destinado a alojar diez gabinetes rack de hasta 6 kW de carga, con el objetivo de alcanzar una mantenibilidad concurrente certificable adoptando como referencia el Nivel 3 de la norma TIA-942-A [3]. El Contratista realizó o proveyó:

- Relevamiento e ingeniería de los sistemas afectados
- La adecuación de la arquitectura civil de las salas afectadas
- Sistema de alimentación eléctrica ininterrumpida
- Sistema de aire acondicionado de precisión
- Sistema contra incendio, ampliación del sistema de detección existente
- Sistema de control de acceso al Data Center y su vigilancia CCTV IP

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

- Canalizaciones de datos
- Gabinetes rack y sus PDUs
- SAT y PEM
- Mantenimiento preventivo por un plazo de 12 (doce) meses.

Los trabajos de este contrato en la CHY comenzaron el 15/12/2020. El gabinete del viejo SOTR se vació y se retiró el 3/06/2021. Los trabajos culminaron el 12/06/2021. Actualmente las instalaciones y equipos provistos por el Contrato OC-101205 se encuentran en estado de Recepción Provisoria.

1.6.2 Conclusiones

- El nuevo Data Center soluciona los problemas de temperatura que tenía el anterior, dado que el aire acondicionado del DC viejo era un split casero que no lograba mantener frío los servidores.
- Otro problema solucionado es la posible caída de la alimentación de los servidores del Data Center, pues los del DC viejo obtenían la energía segura de las UIP 1 y 2, que son obsoletas y en peligro constante de fallar del todo.
- Los trabajos correspondientes a este contrato representaron una auténtica carrera contra el tiempo desde el principio.
- Se construyó un nuevo Data Center y se movieron de lugar servidores en producción de los sistemas informáticos más importantes de la CHY y probablemente de la EBY, sin interrupción de los servicios:
 - Sistema SCADA Siemens Prokon LSX
 - Sistema SCADA HiCon 400 de las UG U02, U19 y Control Conjunto de Emergencia
 - Sistema Máximo de Mantenimiento
 - Sistema de Operación en Tiempo Real (SOTR)
 - Sistema de Gestión Documental Electrónica (GDE) – Expediente Electrónico
 - Sistema FEWS de Hidrología
 - El Dominio de Windows de la CHY
- El trabajo del personal de H&S y de la EBY en conjunto con los contratistas y subcontratistas fue intenso y sin dudas redundó en un gran aprendizaje de nuevas tecnologías y formas de trabajar en equipo.

1.7 PR-0119 – REDES IT/OT CIBERSEGURAS

Una infraestructura crítica es un conjunto de elementos o servicios cuyo funcionamiento es indispensable para un país u organización, y no permite soluciones alternativas. Las infraestructuras críticas forman parte de las infraestructuras estratégicas, que están conformadas por las instalaciones, redes, sistemas y equipos físicos y de tecnología de la información sobre las que descansa el funcionamiento de los servicios esenciales. La destrucción o la mera perturbación del buen funcionamiento de las infraestructuras críticas tendría un grave impacto sobre los servicios esenciales del país u organización [5].

Se requiere dotar a la CHY de una infraestructura de red cibersegura moderna y adecuada para la conexión a la misma de los diversos sistemas de control y protecciones de la CHY correspondientes

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

a los niveles 1, 2 y 3 (OT), y de los sistemas informáticos empresariales de la CHY, niveles 4 y 5 (IT), siguiendo la arquitectura de referencia Cisco Converged Plantwide Ethernet (CPwE), mostrado en la Figura 5. Los equipos y redes involucradas abarcan desde la Nave Principal de Montaje (NPM) hasta la Nave Auxiliar de Montaje (NAM) (Más de 800m entre ambas), el Edificio Central de CHY, y edificios en los Almacenes de CHY y en el Sector Obras, ubicados en la Isla Yacuyretá, abarcando por lo tanto un área bastante extensa.

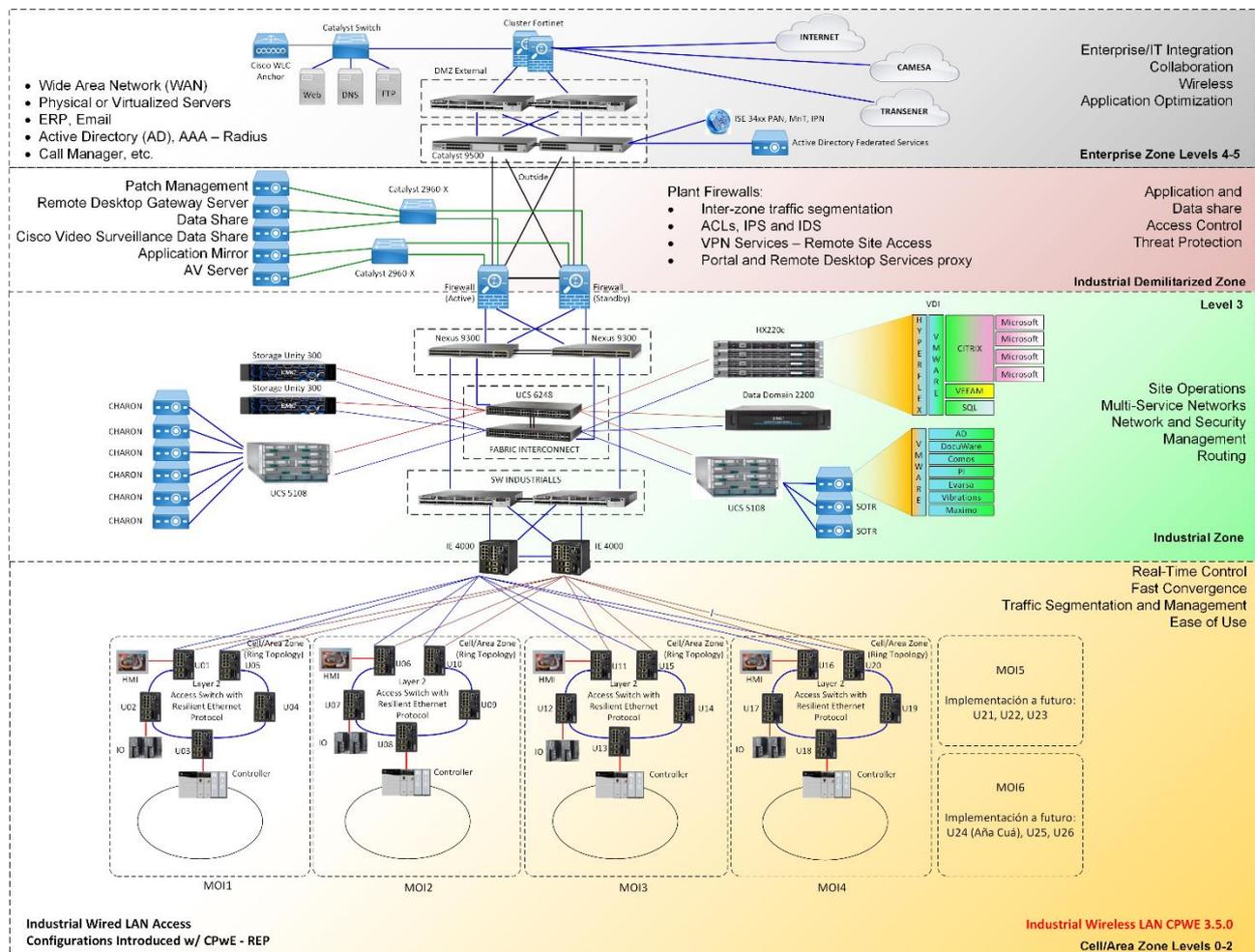


Figura 5: Diagrama de redes IT/OT de la CHY según la Arquitectura de Referencia CPwE

1.7.1 Justificación Técnica

La CHY es una Infraestructura Crítica de producción de energía eléctrica y gestión de la represa, tanto para la Argentina como para Paraguay, y por dicho motivo debe contar con una red de datos convergente y cibersegura que la proteja tanto de ataques externos como internos, y que permita la

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

comunicación segura entre los niveles de Tecnología Operacional (OT) y los de Tecnología Informática (IT). En el anexo se puede ver la arquitectura propuesta para la CHY.

Por otra parte, la CHY está inmersa en una etapa de actualización tecnológica de sus antiguos sistemas de control, protecciones y sistema SCADA. Los equipos correspondientes a dichos sistemas de control necesitarán una infraestructura de red acorde con las exigencias de ciberseguridad y con los protocolos y velocidades de las señales intercambiadas. Se prevé tener dos Data Center redundantes, separados aproximadamente 800 m, uno en cada extremo de la casa de máquinas de la CHY. La red debe además estar dimensionada para todos los tráficos futuros necesarios en la CHY.

El diseño se basa en una arquitectura de Data Center dual, donde ambos se encuentran en modalidad activa, y realizan balanceo de carga entre sí. Todos los componentes core del Data Center se encuentran en modalidad redundante y la salida de servicio de un Data Center no afecta de forma alguna la operación del Data Center que quede operativo.

1.8 PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE CONTROL CONJUNTO DE EMERGENCIA (CCE)

Antes de la modernización del hardware del Sistema SCADA Siemens Prokon LSX de la CHY, se pensaba que dicho SCADA podía fallar del todo en cualquier momento debido a su obsolescencia. Por este motivo, el DT-EBY encargó a la empresa Voith Hydro, la implementación de un Sistema de Control Conjunto de Emergencia que pueda cumplir las funciones que normalmente realiza el SCADA Prokon y que son: Control Conjunto de Potencia Activa (AJC), Control Conjunto de Potencia Reactiva (RJC) y Regulación Secundaria de Frecuencia (RSF).

Este Proyecto que forma parte del llamado Paquete de Emergencia, del Contratista Voith Hydro, comenzó en el Año 2016 y no pudo ser terminado sino hasta mayo de 2021. Las causas de este retraso fueron principalmente por motivos de que gran parte de la mano de obra para realizar muchas tareas correspondían a la EBY y luego se vieron afectadas también por la Pandemia de Covid-19.

1.8.1 Alcance

- 01 tablero de control conjunto
- 20 remotas de unidad
- 02 remotas para sala de relés

1.8.2 Trabajos

Todas las remotas y los multi medidores Sentron PAC3200 faltantes fueron montados y probados por la EBY. Los Reguladores de Velocidad (VGC) fueron vinculados mediante protocolo de comunicaciones (Profinet) con las remotas, dando así la posibilidad de un monitoreo completo de dichos equipos desde los laboratorios de Regulación.

Todas las señales y funcionalidades del CCE fueron sintonizadas y probadas con la contratista Voith en mayo de 2021, además de una capacitación de los operadores en la Sala de Control Central.

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

1.9 PROYECTO ECCA-CHY

De acuerdo con la Minuta del 26/11/2019 con ANDE y su Nota 41/2020 derivada por Jefatura del DT-EBY MD, se requiere incluir y configurar dos tarjetas de red IEC 104 en el PLC de Control Conjunto de Emergencia, para extraer datos relevantes al sistema ECCANDE (Esquema de Control ante Contingencias de ANDE).

Los requerimientos de ANDE para la implementación del sistema ECCANDE, incluyen la disponibilización de los datos de generación de las UGs con un tiempo máximo de escaneo de 200 ms. Dado que dichos datos se encuentran disponibles en el sistema de Control Conjunto de Emergencia (CCE) se contrató a la contratista Voith Hydro para la realización de un sistema de control que permita enviar al sistema ECCANDE los datos solicitados y recibir del mismo las señales que sean de interés para la EBY para ser mostradas en el SCADA Hycon400 del CCE.

En la Figura 6 se puede observar el diagrama de la arquitectura de control del ECCA-CHY.

SISTEMA ECCA-CHY - ARQUITECTURA

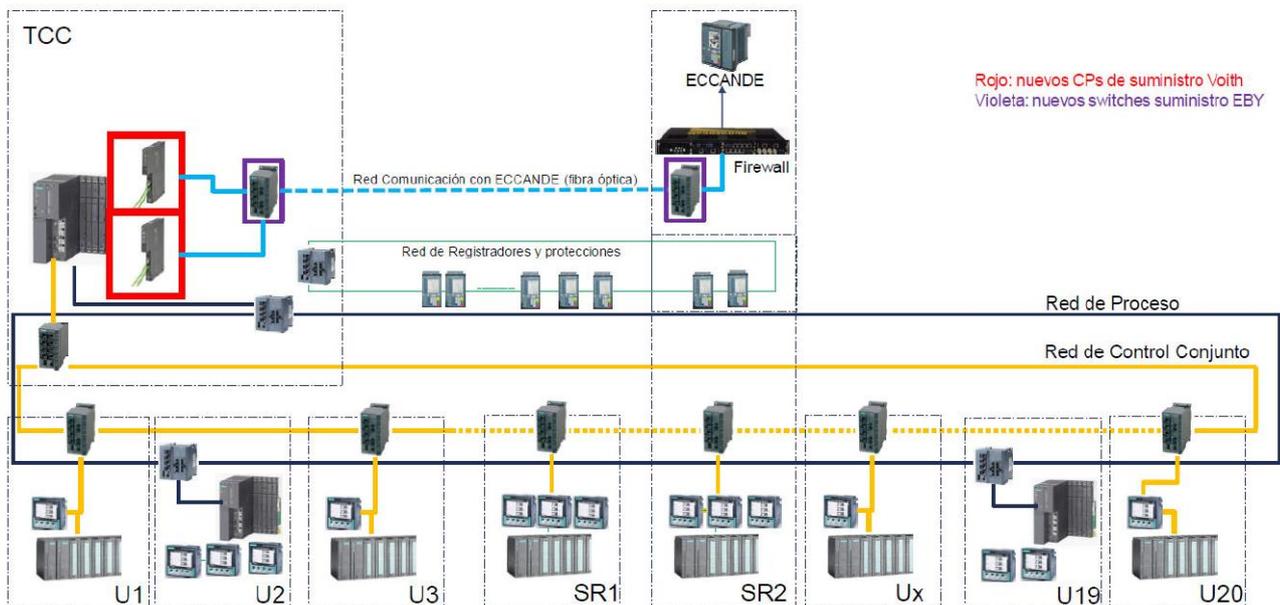


Figura 6: Diagrama del Sistema ECCA-CHY

Voith completó el suministro de hardware y parte del software para diciembre de 2020. Las señales de las 20 UG's de CHY y de las líneas LP-1, LP-2, LA-1, LA-2 y LA-3 ya estuvieron disponibles para la ANDE a partir de diciembre de 2020.

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

1.9.1 Problemas encontrados para la realización de este proyecto

- La pandemia de Covid-19 que se desató desde marzo de 2020.
- El listado de las señales del ECCA que nunca terminaba de crecer

1.9.2 Hitos importantes

- 1ª. Interconexión del día 31-ene-2021: Se realizó con éxito una interconexión de aproximadamente 15 minutos.
- 2ª. Interconexión IPU_MD-ANDE-EBY-SADI-UTE del día 30-nov-2021: Se realizó con éxito una interconexión con un amplio conjunto de pruebas eléctricas de aproximadamente 5 horas. En el SCADA Voith-Hycon ECCA-CHY se pudieron observar las señales del rango de 500 kV provenientes del Sistema ECCANDE.
- 3ª. Interconexión IPU_MD-ANDE-EBY-SADI-UTE del día 20-abr-2022: Se realizó con éxito una interconexión con un amplio conjunto de pruebas eléctricas de aproximadamente 5 horas. En el SCADA Voith-Hycon ECCA-CHY se pudieron observar las señales del rango de 500 kV provenientes del Sistema ECCANDE.

1.10 SISTEMA DE OPERACIÓN EN TIEMPO REAL (SOTR)

El SOTR es el sistema informático y de comunicaciones que transmite a los despachos de carga de la ANDE, CAMMESA y TRANSENER, toda la información procedente del Sistema SCADA de la CHY que es requerida por dichos entes.

Descripción del Proyecto:

Actualización del Sistema de Operación en Tiempo Real (SOTR) exigido por CAMMESA y ANDE para la operación de generación eléctrica en los sistemas interconectados.

Justificación Técnica

El Sistema de Operación en Tiempo Real (SOTR), exigido por el ENRE desde el año 2000, es requisito para operar en el Mercado Eléctrico Mayorista argentino. En CHY se tiene una implementación puesta en servicio en 2007. Con el tiempo el hardware se fue tornando muy frágil y se requería basarlo en forma urgente sobre hardware confiable.

En su momento la Argentina eligió el protocolo Elcom90 para sus comunicaciones del SOTR. El mismo era transportado por el protocolo XOT, ofrecido por Telecom hasta diciembre de 2018 para comunicar la CHY con Rosario donde están Cammesa y Transener. Sin embargo, en los últimos años, Cammesa comenzó a admitir comunicaciones Elcom90 montadas en TCP/IP, lo cual eliminaba la necesidad de XOT. Y ANDE, que puso en CHY un Gateway para reconvertir Elcom90 al protocolo de sus remotas (UTR), requería que la comunicación con su nuevo SCADA utilice el nuevo protocolo ICCP TASE 2. Es decir que el SOTR debía ser actualizado además para ser compatible con sus interlocutores en su nueva configuración.

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

Se utilizó como hardware la plataforma Cisco UCS, aprovechando parte de la infraestructura utilizada en el robustecimiento del SCADA LSX. El futuro cambio de Elcom90 a ICCP para Cammesa está incluido, con soporte remoto para las pruebas de funcionamiento.

Factores críticos de éxito:

- Sin indisponibilidad por datos erróneos o corte de enlaces.
- Funcionamiento estable sin errores reportados en sistemas.
- Transferencia exitosa del servicio al nuevo SOTR por el nuevo enlace.

1.11 CONCLUSIONES

A través de los resúmenes de estos proyectos se puede ver que el año 2021 fue un año extremadamente activo para el Área de Hardware y Software de CHY, y en general para todas las Áreas del Departamento Técnico de la EBY, donde a pesar de la falta de más personal técnico, se cuenta con profesionales que saben llevar a cabo los proyectos con trabajo en equipo con los contratistas, y bajo mucha presión.

Para el futuro falta aún que se pueda llevar a cabo el Plan de Modernización Integral de los Sistemas de Control, Protecciones y SCADA de la CHY.

1.12 BIBLIOGRAFÍA

- [1]. O'Hara D. (7 de enero de 2020). *Internet of Things (IoT) Bridging the divide: Getting IT and OT to work together for industrial IoT*. <https://blogs.cisco.com/internet-of-things/bridging-the-divide-getting-it-and-ot-to-work-together-for-industrial-iot>
- [2]. Uptime Institute. (s.f.). *Tier Classification System*. <https://uptimeinstitute.com/tiers>
- [3]. The Siemon Company. (s.f.) *Data Center Tier Guidance. TIA, TIA-942-A Data Centers*. <https://blog.siemon.com/standards/tia-942-a-data-center-tier-guidance>
- [4]. Lisa Institute. (28 de octubre de 2019). *Infraestructuras críticas: definición, planes, riesgos, amenazas y legislación*. <https://www.lisainstitute.com/blogs/blog/infraestructuras-criticas>
- [5]. Cisco & Rockwell Automation. (September 2020). *Deploying a Resilient Converged Plantwide Ethernet Architecture - Design and Implementation Guide*. Document Reference Number: ENET-TD010C-EN-P. https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td010_-en-p.pdf



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022
