



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018

Repotenciación de la Líneas de Transmisión L3 y L4 en 220kV – Tramo SEMD SEIRY

Ramón Sienra Klein -

Cesar López Bado - Néstor Darío Giret Alfonso - Gustavo Mereles - Emilio Arteta

ITAIPU Binacional

Paraguay

Resumen:

Con más de 30 años de operación, las Líneas de transmisión L3 y L4 de 220kV consisten en unas de las líneas de transmisión del SIN más importante del sistema de 220kV. Con ambas líneas, de aproximadamente 250km de longitud, se interconecta y transmiten grandes cantidades de energía desde las barras de la Subestación margen Derecha (SEMD) hasta la Subestación de Limpio (SE-LIM) del Sub-Sistema Metropolitano.

Además de la importancia que suponen ambas líneas para el Sub-Sistema Metropolitano, con el seccionamiento de ambas líneas en la Subestación Itakyry (SE-IRY) y la expansión del Sistema Interconectado Nacional (SIN) en los últimos años, en los Sub- Sistemas Este y Norte, se ha exigido gradualmente el aumento de la capacidad de transmisión de las líneas L3 y L4, especialmente en el tramo SEMD y SEIRY.

El proyecto de **Repotenciación de la Líneas de Transmisión L3 y L4 en 220kV**, surge como un convenio de cooperación entre la ITAIPU y la ANDE, cuyo principal objetivo consiste en el aumento de la capacidad de transmisión de las L3 y L4 en el tramo SEMD – SEIRY, todo ello a partir de la sustitución de los conductores en ambas ternas, en 71 km de línea, retirando los cables de transmisión ACSR 636 “Grosbeak” y sustituyéndolos por cables HTLS/Brussels 940MCM, que permitan aumentar la capacidad de transmisión de 238MVA a 450MVA en régimen normal y 500MVA en régimen de operación de emergencia por cada terna.

Además del cambio de conductores en ambas ternas, el alcance del proyecto también envuelve el tendido de cables OPGW en la L4 para el enlace de comunicación de las protecciones y las señales



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018

de control entre las Subestaciones vinculadas al proyecto, y el cambio de los TC de medición de facturación de ambas líneas de 1000/5A por 2000/5A en la SEMD, para cumplir con las exigencias de corriente nominal que demandaría la nueva línea de transmisión repotenciada.

Con los trabajos de repotenciación culminados, en total se aumentará la capacidad de transmisión de 476MVA a 900MVA en régimen normal, casi el 200% de energía anteriormente despachada por las L3 y la L4. Se podrán coordinar mejor la selectividad y confiabilidad de las protecciones entre la SEMD-SEPIH-SEIRY por medio de enlace en fibra óptica, consiguiéndose agregar también las protecciones de 87L (diferencial de línea).

PALABRAS CLAVES

Líneas de Transmisión

Interconexión

Subestación margen Derecha (SEMD)

Repotenciación



1. PROYECTO DE REPOTENCIACIÓN DE LA LÍNEAS DE TRANSMISIÓN L3 Y L4 EN 220KV – TRAMO SEMD SEIRY

1.1. Objetivo general

“Eleva la capacidad de transmisión de 238MVA a 450MVA en cada una de las Líneas de transmisión L3 y L4, en los tramos de interconectados de 220kV de la SEMD- SEIRY para la L3 y la SEMD-SEPIH-SEIRY para la L4”.

1.2. Objetivos específicos

- Retiro de conductores ACSR 636 MCM y tendido de nuevos conductores de potencia HTLS.
- Retiro de cable de guardia EHS 3/8” en la L3 y tendido de 3,4 km de cable OPGW en su sustitución.
- Sustitución de los TCs de medición de facturación en las posiciones de salida de línea 220kV de la L3 y L4, ampliación de las relaciones de transformación de 1000/5A a 2000/5A.
- Sustitución de los IEDs de protección vinculados a las líneas L3 y L4 en las Subestaciones SEMD, SEPIH y SEIRY.
- Modernización del enlace y de los sistemas de comunicación, retiro de equipamientos de onda portadora y sustitución por multiplexores de fibra óptica.

2. CONDUCTORES ACCC

2.1. Características constructivas

Para la obra de Repotenciación de las Líneas de Transmisión L3 y L4 en 220kV se han suministrado y montado dos ternas de 71km de conductores HTLS tipo ACCC, código Brussels 430.

Constructivamente los conductores tipo ACCC, poseen el núcleo compuesto por fibras de carbono revestidas por una capa aislante en resina epoxi. Las capas conductoras de ACCC están compuestas por alambres o hebras helicoidales de sección trapezoidal de material aluminio 1350.

El núcleo de carbono proporciona una mayor resistencia mecánica a la tracción y prácticamente elimina la flecha del cable a altas temperaturas lo cual que permite una operación más eficiente hasta 180 °C. Esta prestación permite casi duplicar la capacidad (ampacidad) en comparación con cables ACSR.

La barrera epoxi impide la corrosión galvánica entre la fibra de carbono y los filamentos de aluminio de la capa conductora.

Las capas conductoras de ACCC están compuestas de dos o más capas de alambres de sección trapezoidal (TW), dispuestos helicoidalmente y de material aleación de aluminio 1350 (AL 99,5%), el cual otorga una alta eficiencia y un alto nivel de conductividad, lo que permite reducir las pérdidas técnicas por efecto Joule, además de otorgar un menor peso lineal en comparación con un conductor convencional con alma de acero ACSR.

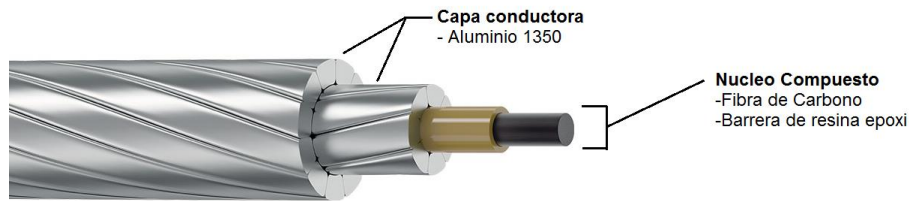


Figura 1: Composición del cable ACCC/TW

2.2. Comparaciones técnicas del cable ACCC vs. ACSR

Al comparar las características técnicas de los conductores ACCC/Brussels y ACSR/Grosbeak, se observa que gracias a las características constructivas del cable tipo ACCC, se consigue transmitir casi el doble de energía.

Esta prestación se debe principalmente a que el cable ACCC/Brussels posee en su capa conductora 30% más de aluminio que el cable ACSR/Grosbeak, teniendo en cuenta que ambos cables poseen el mismo diámetro, esto debido a la sección trapezoidal del cable ACCC que permite un mayor factor de ocupación del aluminio.

Otra característica positiva del conductor ACCC/Brussels respecto al ACSR/Grosbeak consiste en poder aumentar la capacidad de transmisión a expensas de aumentar la temperatura de operación del cable, ya que el cable ACCC puede alcanzar una temperatura de operación igual 180°C en régimen normal en comparación con el cable ACSR cuya temperatura de operación alcanza apenas los 75°C.

Este aumento de temperatura es posible gracias al de núcleo de carbono cuyo coeficiente de expansión lineal es mucho menor que el núcleo de alma de acero lo que permite aumentar la densidad de corriente en las capas conductoras a expensas de sobre recalentarlas sin sufrir una dilatación del cable.

Entre otras características positivas del cable ACCC respecto al ACSR se tienen los siguientes aspectos:

- Es ligeramente más liviano
- Posee mayor resistencia a la ruptura.
- Posee menores pérdidas por efecto corona y mayor eficiencia
- Menor resistencia kilométrica a igual temperatura.

XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018

Tabla I: Comparación de características técnicas ACCC vs. ACSR

TIPO DE CABLE		ACCC	ACSR
Código		BRUSSELS	GROSBEAK
Sección nominal			
Corona	mm ²	425,3	321,8
Núcleo	mm ²	51,9	52,49
Total	mm ²	477,2	374,29
Kcmil	MCM	941,8	636
Diámetro	mm ²	25,1	25,15
Peso unitario			
Corona	kg/m	1,177	0,892
Núcleo	kg/m	0,098	0,41
Total	kg/m	1,275	1,302
Propiedades mecánicas			
Resistencia a la rotura			
Corona+Núcleo	kg	12.425,0	11.420
Temperatura máxima			
Operación normal	°C	180,0	75
operación de emergencia	°C	200,0	
Coefficiente de expansión lineal del núcleo			
	1/°C	0,000002	0,00001152
Propiedades eléctricas			
Corriente máxima			
operación normal	A	1.494,0	786
operación de emergencia	A	1.594,0	-
Resistencia del conductor			
a 750 A	ohm/km	0,0829	0,0897
a 1.182 A	ohm/km	0,0952	-
a 1.315 A	ohm/km	0,1005	-
Vida útil del conductor			
Operación normal	hs	350.400,0	
operación de emergencia	hs	400,0	

3. OBRAS DE REPOTENCIACIÓN DE LA L3 Y L4

Considerando la importancia operativa de las líneas de transmisión L3 y L4 para el SIN en 220kV, y que ambas líneas energizadas se encuentran tendidas en una misma estructura reticulada de doble terna, la ejecución de los trabajos de retiro y tendido de cables de potencia fue planificado en 4 tramos, en secuencias que contemplan a grandes rasgos la ejecución de los siguientes trabajos:

Primer Tramo: L4 - tramo SEMD - PIH (17,2 km)

- Retiro de conductores ACSR 636 en el tramo SEMD-SEPIH y tendido de conductores ACCC-Brussels.

Trabajo realizado con la L3 energizada entre los meses de octubre a noviembre del 2017.



Figura 2: Trabajos de tendido de línea (L3 tramo SEMD-SEPIH)

Segundo Tramo: L3 - tramo SEMD - SEIRY (73 km)

- Retiro de conductores ACSR 636 en el tramo SEMD-SEIRY y tendido de conductores ACCC-Brussels. Retiro de cable de guardia EHS 3/8" y tendido de cable OPGW en un tramo de 3,4 km.
- Construcción y montaje de estructura de derivación y seccionamiento de la línea L4 (tramo SEMD-SEPIH).

Energizado a principios de agosto del 2018.

Trabajo realizado con la L4 energizada entre los meses de junio a julio del 2018.

Tercer Tramo: L4 - tramo SEPIH - SEIRY (57 km)

- Retiro de conductores ACSR 636 en el tramo SEMD-SEPIH y tendido de conductores ACCC-Brussels.
- Retiro de cable de guardia EHS 3/8" y tendido de cable OPGW.

XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018

- Seccionamiento de la línea L4 (tramo SEPIH-SEIRY).

Trabajos realizados con la L3 en estado energizado, actualmente en ejecución, con previsión de finalización a principios del mes de octubre del 2018.

Cuarto Tramo: L4 - tramo SEMD - SEPIH (16 km)

- Retiro de cable de guardia EHS 3/8" y tendido de cable OPGW.

Trabajos realizados en simultáneo con el Tercer tramo, en actual etapa de ejecución.

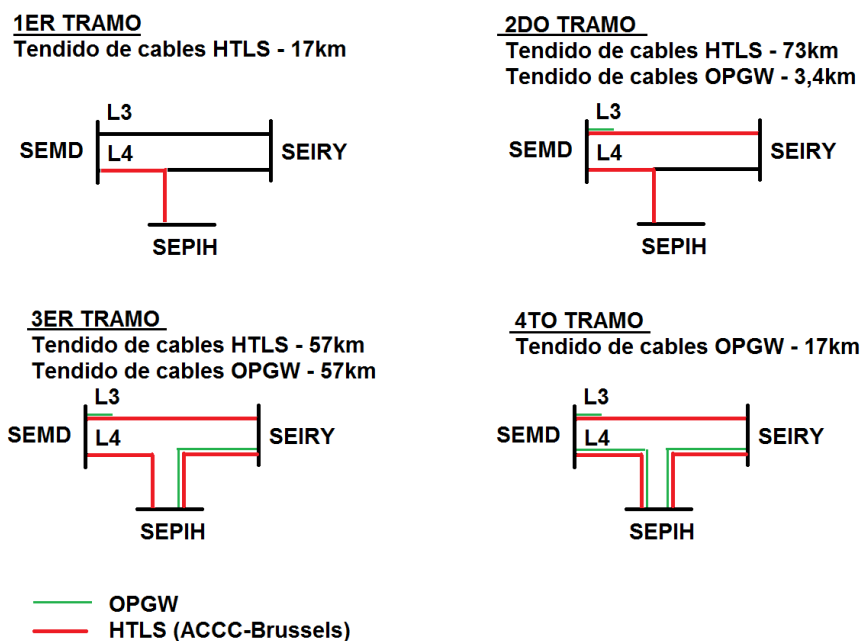


Figura 1: Secuencia y tramos de tendido de cables HTLS y OPGW de las L3 y L4 en 220kV

4. READECUACIÓN EN PATIOS DE MANIOBRAS DE LAS SUBESTACIONES

En otro frente de trabajo de cara a la repotenciación de las Líneas de Transmisión L3 y L4, se contempla la readecuación de las conexiones de salida y llegada de línea en las tres subestaciones vinculadas al proyecto. Estos trabajos se deben a que el proyecto de repotenciación también contempla el suministro de TCs de mayor relación de transformación y equipamientos de comunicación por fibra óptica, necesarios para la tele-protección de las líneas de transmisión.

Entre los trabajos de readecuación más resaltantes se encuentran:

4.1. Subestación Margen Derecha

-Desmontaje de seis (06) TCs de 220kV, incluyendo conectores y accesorios.

XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018

-Suministro y montaje de seis (06) TCs, incluyendo la provisión y montaje de materiales como conectores y conductores de potencia 4000kcmil, terminales, electro ductos y todo lo necesario para el correcto funcionamiento. Así también se deberá prever las adecuaciones en las estructuras soporte de los equipos.

-El conexionado del cable de bajada de los TCs a la malla de tierra será realizada por medio de soldadura exotérmica, y por conectores paralelos o a placas apernadas en las subidas a los equipos.

-Desmontaje de dos (02) Trampas de Onda actualmente instaladas en la Subestación MD, incluyendo materiales y equipos asociados instalados tanto en patio como en la sala de comunicaciones, como así también el cableado y conexionado entre ambos lugares.



Figura 3: Trabajos de montaje de TC de medición de facturación en la SEMD.

4.2. Subestación Parque Industrial Hernandarias

-Desmontaje de una (01) Trampa de Onda, incluyendo materiales y equipos asociados instalados tanto en patio como en la sala de comunicaciones, como así también el cableado entre ambos lugares.

4.3. Subestación Itakyry

-Desmontaje de dos (02) Trampa de Onda actualmente instalada en la Subestación, incluyendo materiales y equipos asociados instalados tanto en patio como en la sala de comunicaciones, como así también el cableado y conexionado entre ambos lugares.



5. READECUACIÓN EN LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y COMUNICACIÓN.

Antiguamente las tele-protecciones entre las subestaciones SEMD-SEPIH-SEIRY se daban por sistemas de onda portadora, tecnología que hoy en día limita la velocidad y el ancho de banda para ciertas funcionalidades de control y tele-protección.

Con el proyecto de repotenciación de las L3 y L4, además de ampliar la capacidad de transmisión con la sustitución de los cables de potencia, también se contempla la intercomunicación por enlace de fibra óptica entre las subestaciones SEMD-SEPIH-SEIRY a partir del tendido de cable OPGW en la terna L4, viabilizándose así la modernización de los sistemas de comunicación y tele-protecciones entre las subestaciones interconectadas y vinculadas al proyecto, esto con el fin de incrementar la confiabilidad y selectividad en las protecciones.

Para la implementación de las mejoras de los sistemas de comunicación y de los Sistemas de Protección, Medición, Control en la SEMD de fueron necesarias las siguientes tareas de montaje y puesta en servicio.

5.1. Obras eléctricas SEMD

- Desmontaje y sustitución de Paneles de protección existentes de la L3 (SEMD-SEIRY) y L4 (SEMD-SEPIH) de la Casa de Control de Relés de la SEMD.
- Cableado de los nuevos Paneles correspondientes a los Sistemas de Protección, así como su interconexión con los demás paneles que hacen parte del Sistema de Protección, con los Sistemas de Servicios Auxiliares, y con los equipos de patio (Equipos de maniobra y de medición, etc.).
- Integración de los Paneles al Sistema de Control Computarizado (SCC) de la Subestación Margen Derecha.
- Cableado de los Paneles suministrados a los bastidores que forman parte de los sistemas de comunicación, ya sea para la interconexión punto a punto, vía Fibra Óptica, de las protecciones diferenciales de línea (87L).

XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018

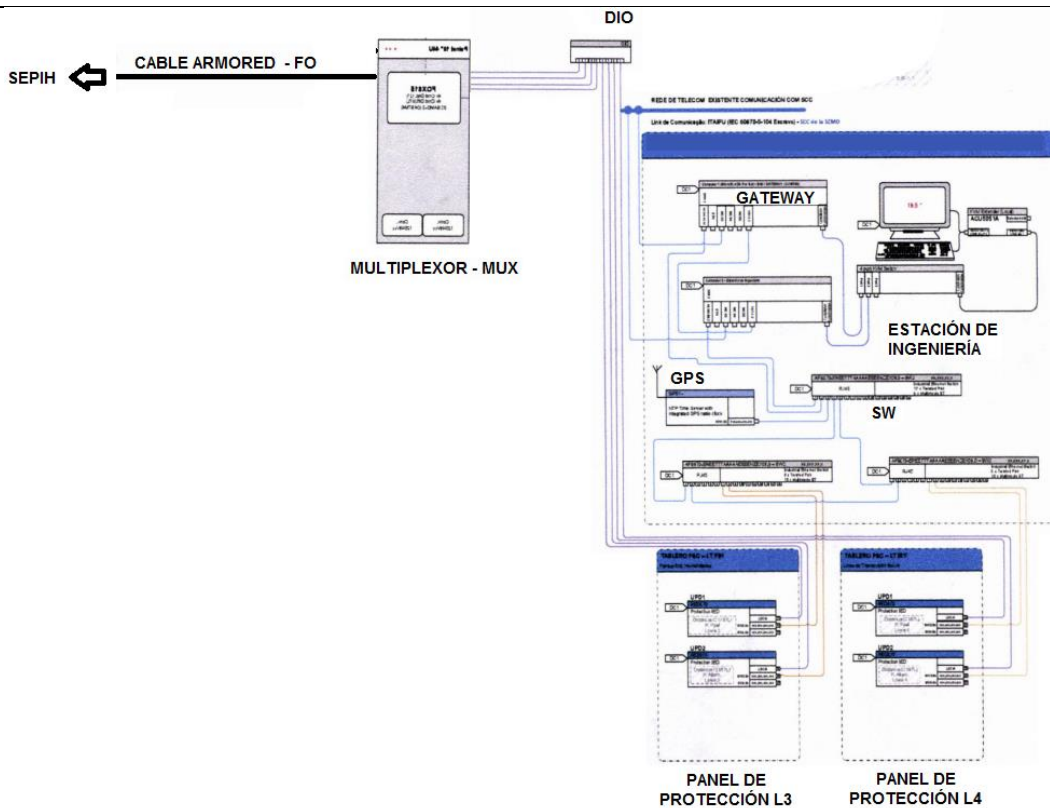


Figura 2: Arquitectura de TELECOM y Sistema de protección & control de las L3 y L4 de la SEMD

5.2. Obras eléctricas SEPIH

- Desmontaje y sustitución de los IEDs de Protección existentes, correspondientes a las dos (2) posiciones de la L4 en el tramo de llegada SEMD-SEPIH y en el tramo de salida SEPIH-SEIRY.
- Integración de los IEDs mencionados al Centro Integrado de Control (CIC) existente.
- Cableado de los IEDs mencionados, así como su interconexión con los demás IEDs que hacen parte del Sistema de Protección, con los Sistemas de Servicios Auxiliares, y con los equipos de patio (equipos de maniobra y de medición, etc.).
- Cableado de los IEDs mencionados a los bastidores correspondientes a los sistemas de comunicación, ya sea para la interconexión punto a punto, vía Fibra Óptica, de las protecciones diferenciales de línea (87L).

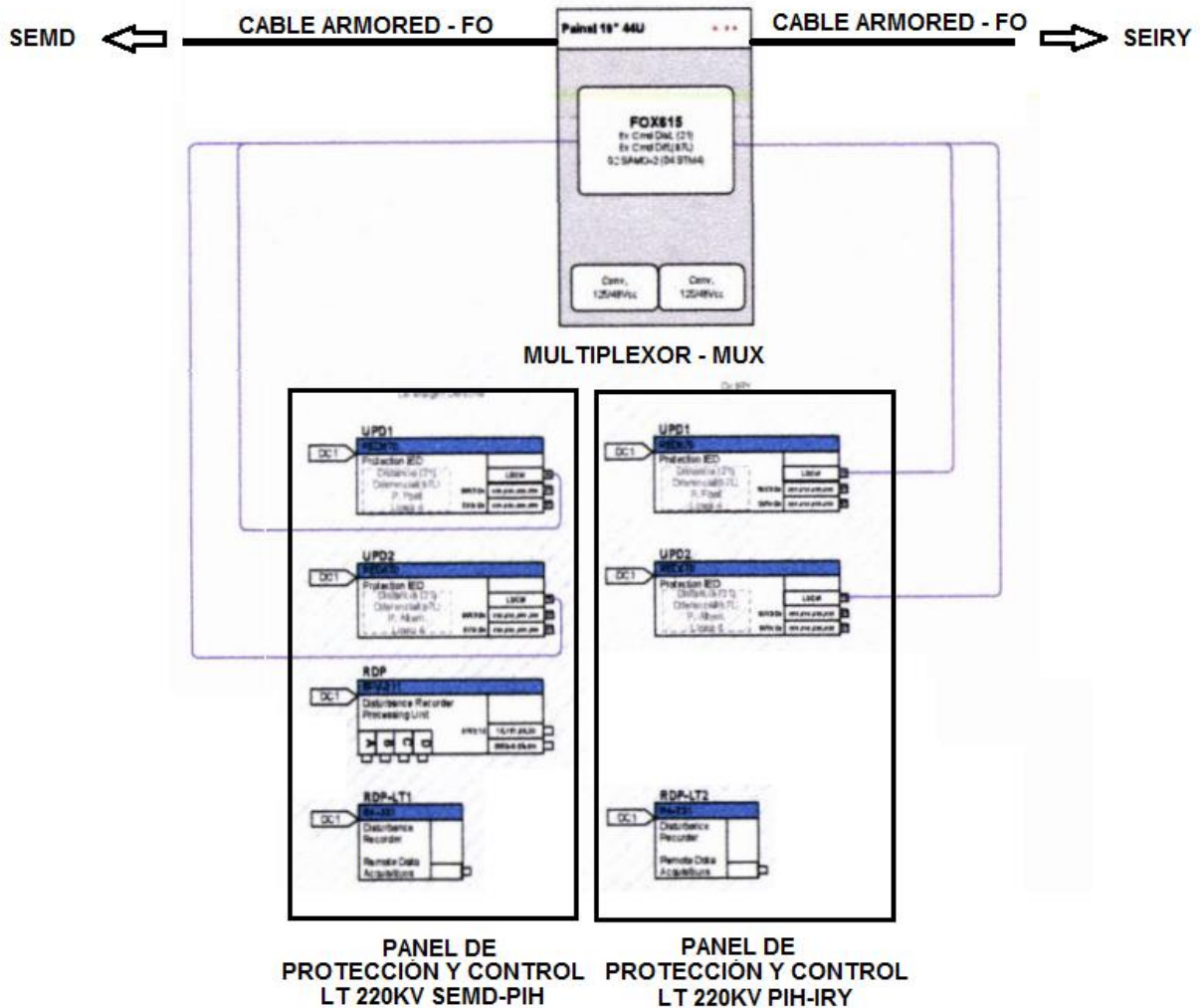


Figura 3: Arquitectura de TELECOM y Sistema de protección & control de las L3 y L4 de la SEPIH

5.3. Obras eléctricas SEIRY

- Desmontaje y sustitución de los IEDs de Protección existentes, correspondientes a las dos (2) posiciones de la L3 en el tramo de llegada SEMD-SEIRY y la L4 en el tramo de llegada SEPIH-SEIRY.
- Integración de los IEDs mencionados al Centro Integrado de Control (CIC) existente.
- Cableado de los IEDs mencionados, así como su interconexión con los demás IEDs que hacen parte del Sistema de Protección, con los Sistemas de Servicios Auxiliares, y con los equipos de patio (equipos de maniobra y de medición, etc.).
- Cableado de los IEDs mencionados a los bastidores correspondientes a los sistemas de comunicación, ya sea para la interconexión punto a punto, vía Fibra Óptica, de las protecciones diferenciales de línea (87L).

XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018

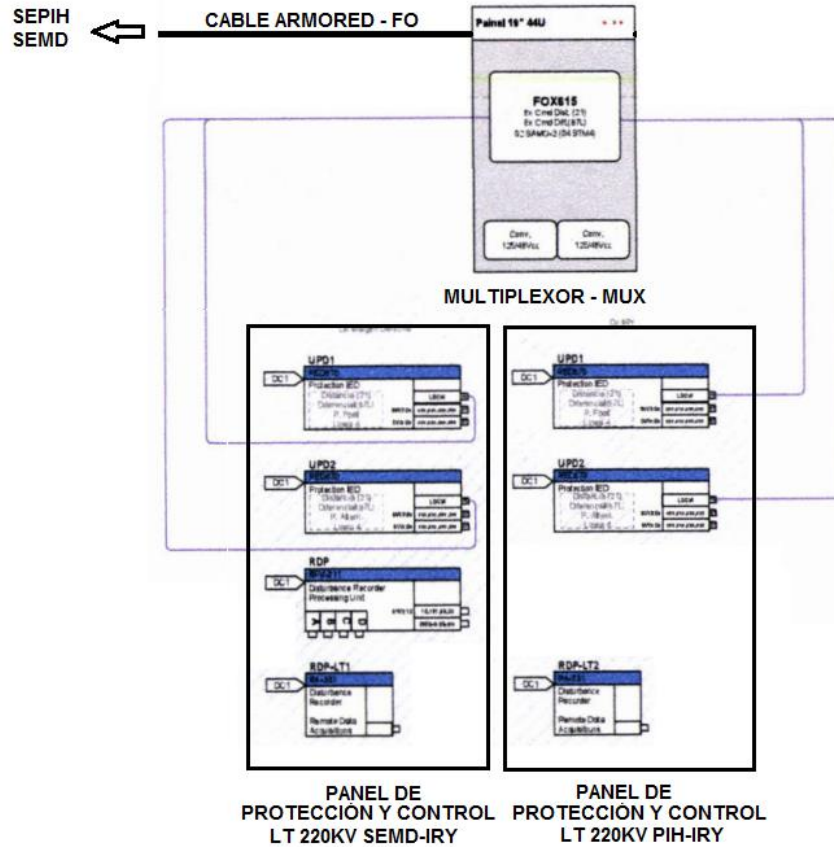


Figura 4: Arquitectura de TELECOM y Sistema de protección & control de las L3 y L4 de la SEIRY

6. MEJORAS EN EL SISTEMA INTERCONECTADO

La conclusión de los trabajos permitirá la ampliación de hasta el doble de la capacidad de intercambio (ITAIPU-ANDE) en las Líneas L3 y L4 en 220kV. Por otro lado se tendrá mayor disponibilidad de carga en las barras de la SEIRY, la cual consiste en una de las subestaciones más importantes por estar esta interconectada de forma nodal con los subsistemas este, norte y central del SIN en 220kV y mayor disponibilidad de carga en las barras de la SEPIH para desarrollo industrial de la zona, próximo a la generación de ITAIPU lado paraguayo.

Además de la repotenciación, la modernización de los sistemas de comunicación y teleprotección traerá el aumento de las funciones de protección eléctrica (87L), además de las mejoras en criterio de selectividad y confiabilidad de las protecciones ya existentes entre las SEMD-SEPIH-SEIRY.



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

**XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018**

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Especificación Técnica 6410-20-15200-E- CAPITULO I. “REPOTENCIACIÓN DE LAS L3 y L4 220K – CONDUCTORES HTLS Y OPGW”. ANDE, Julio 2017. Pag. 3-74.
- [2] Especificación Técnica 6410-20-15200-E CAPITULO II. “REPOTENCIACIÓN DE LAS L3 y L4 220K – OBRAS DE MONTAJE ELECTROMECAÁNICO”. ANDE, Julio 2017. Pag. 3-26.
- [3] Especificación Técnica 6410-20-15200-E CAPITULO III. “REPOTENCIACIÓN DE LAS L3 y L4 220K – OBRAS DE SUBESTACIONES”. ANDE, Julio 2017. Pag. 2-5.