

Remodelación de cruces de ruta subterráneos en línea de torres de 33 kV

Pablo Jurado, Jalal Mohesen / IMCO ENGINEERING & CONSTRUCTION CO.

KUWAIT

pjurado@imcokw.com

jmhosen@imcokw.com

Congreso Internacional: Trabajos con Tensión y Seguridad en Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica y Mantenimiento sin Tensión de Instalaciones de AT - V CITTES
30 de agosto al 02 de septiembre de 2011
Salta, Argentina

ÍNDICE

- OBJETIVOS
- RESEÑA DE LA EMPRESA IMCO
- DESARROLLO
- RESULTADOS
- CONCLUSIONES

Objetivos

El trabajo con tensión constituye hoy en día una valiosa herramienta que posibilita mejorar la confiabilidad de los sistemas eléctricos sin incurrir en costos asociados con pérdidas de producción debido a la interrupción del servicio, en el presente trabajo se presenta el procedimiento desarrollado para la remodelación de los cruces de ruta subterráneos entre torres de 33 kV en el campo petrolero de Wafra, Kuwait, a través de la instalación de by-passes aéreos temporarios trabajando en línea

viva con el método de mano enguantada, como un claro ejemplo de los beneficios del trabajo con tensión.

Reseña de la empresa IMCO

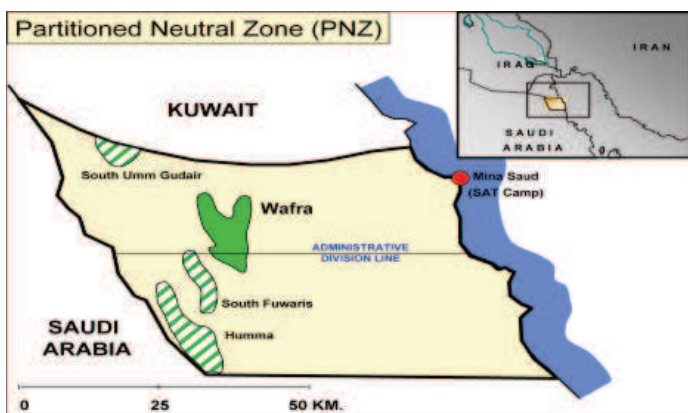
Establecida en 1970, IMCO es una empresa pionera en los campos de la ingeniería eléctrica e instrumentación en Kuwait. Hoy es una de las empresas líderes en ingeniería y construcción en los sectores de Gas y Petróleo, Petroquímica, Agua y Electricidad de este país. Entre los servicios brindados por IMCO se encuentran la administración de proyectos, ingeniería, diseño, construcción, mantenimiento y soporte de proyectos. Algunos de los principales clientes y usuarios finales son: Kuwait Gulf Oil Company (KGOC), Kuwait National Petroleum Company (KNPC), Petroleum Industries Company (PIC), Saudi Arabian Chevron (SAC), Equate, Ministry of Electricity and Water (MEW) entre otros y a colaborado con Bechtel (USA), Technip (Italy), Foster Wheeler (UK), Black & Veatch (USA), GE (USA), Hyundai Engineering Co. (S. Korea) entre otras importantes empresas internacionales. IMCO posee 15 oficinas y sitios de servicio en Kuwait y sucursales en Qatar, Emiratos Árabes Unidos e Irak. En la actualidad cuenta

con alrededor de 3500 empleados. Entre sus antecedentes cabe mencionar que fue la primera empresa del medio local en implementar los trabajos en línea viva en Kuwait y Medio Oriente, y cuenta con capacidades para desarrollar trabajos en los métodos de:

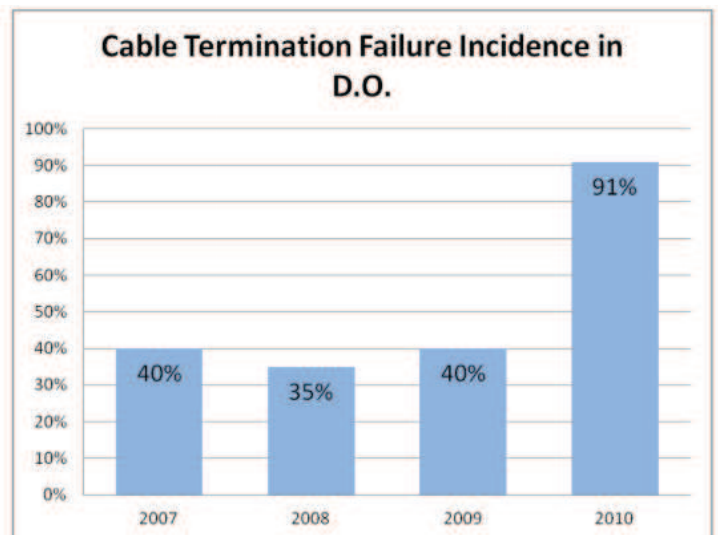
- Trabajo a Potencial
- Trabajo a Distancia
- Mano Enguantada
- Limpieza y lavado de aisladores tanto en los niveles de Distribución como de Transmisión

Desarrollo

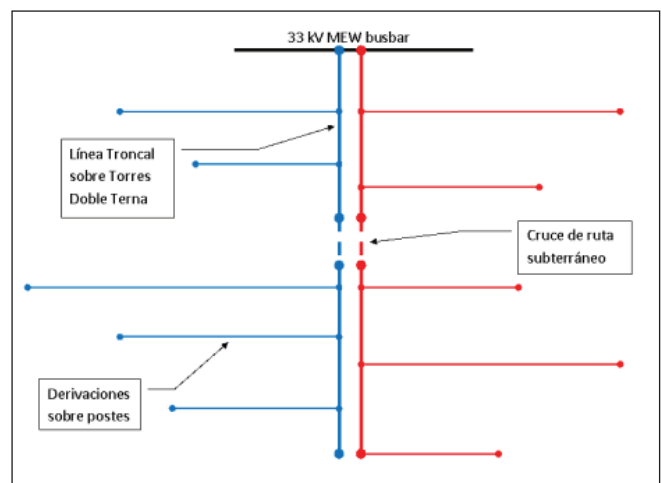
Entre los diferentes servicios en el área de trabajos con tensión que presta IMCO, uno de los principales lo constituye el Contrato de Operación, Mantenimiento y Construcción de Líneas Aéreas que IMCO tiene con Joint Operations (conformada por Kuwait Gulf Oil Company y Saudi Arabian Chevron para la explotación conjunta del campo petrolero de Wafra ubicado en la Zona Neutral Particionada en el límite entre Kuwait y Arabia Saudita).



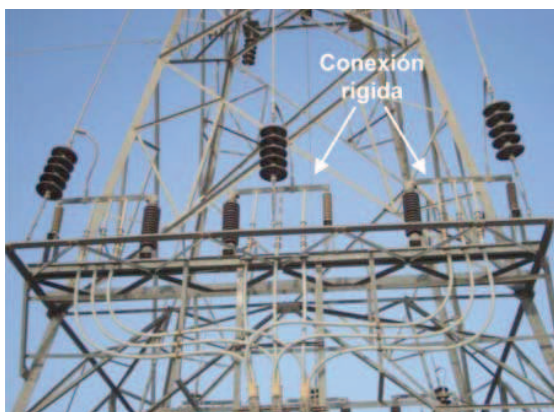
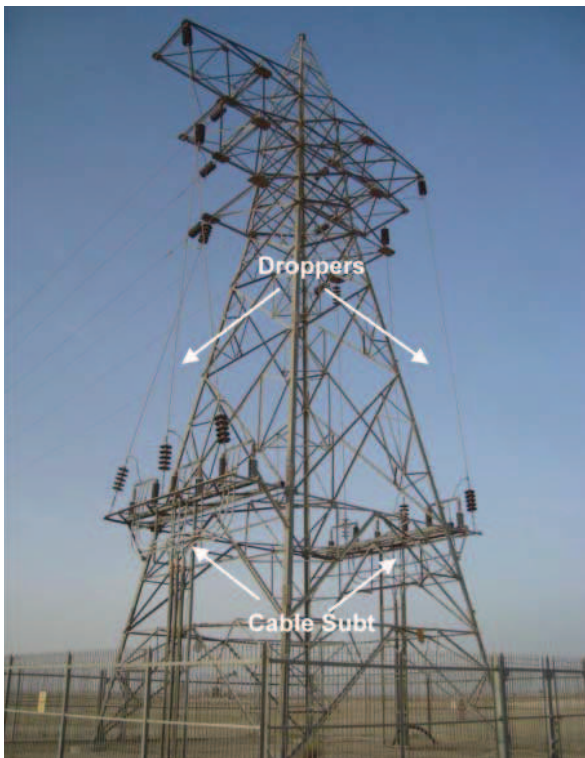
Dentro de este contrato, IMCO mantiene 80 km de redes de 11 y 13,8 kV, 400 km de redes de 33 y 34,5 kV y 36 km de líneas de transmisión de 115 kV. Desde la implementación de los Trabajos en Línea Viva para el mantenimiento y construcción de líneas dentro del yacimiento, los niveles de pérdidas de producción, reflejados como petróleo diferido, debido a fallas en redes aéreas fueron descendiendo sustancialmente, sin embargo lo que mantuvo una elevada tasa de incidencia fueron las fallas en terminales de cables subterráneos que de todas formas afectaban la confiabilidad del sistema debido al tipo constructivo del sistema de distribución en 33 kV.



Existen en el yacimiento 8 circuitos de alimentación principal en 33 kV que proveen de 68 MW a los pozos de petróleo distribuidos en el campo, cuya configuración está compuesta por una línea troncal de torres de acero en doble terna, desde donde se desprenden las derivaciones conformadas por líneas soportadas sobre postes de madera que son las que llegan a los diferentes pozos de extracción.



Cada vez que una de estas líneas principales de torres es atravesada por una ruta para transporte de torres de perforación (llamadas "rigg-roads") la línea aérea se interrumpe y en su lugar se sitúa un cruce subterráneo de ruta entre ambas torres al lado del camino, conformado por 3 cables tripolares de 240 mm² Cu, los cuales se conectaban rígidamente a unas barras colectoras desde donde partían los puentes hacia la línea aérea.



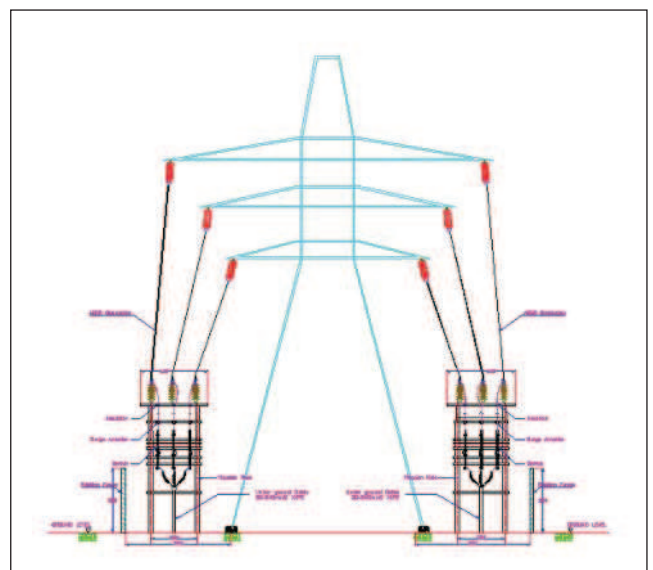
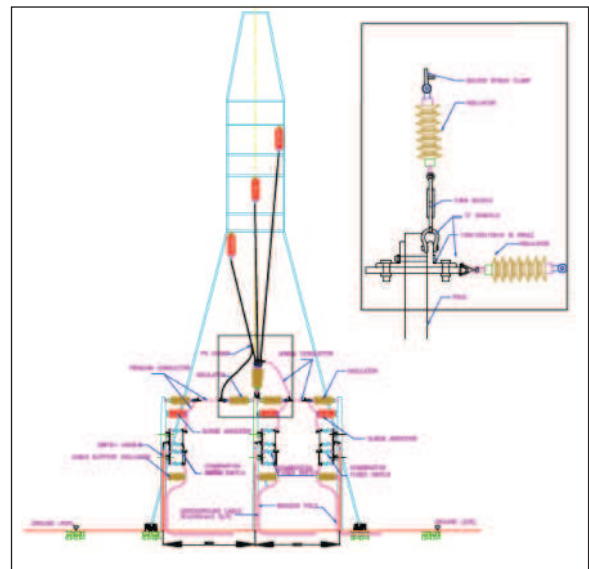
Esta configuración planteaba algunos inconvenientes importantes como ser:

- Una falla de los cables arrastraba a todo el circuito al estar rígidamente vinculado al mismo.
- Si bien existían 3 cables por cada cruce de ruta, la energía no podía ser restablecida hasta tanto no se desvinculara el cable fallado de la barra, lo cual a veces tomaba varias horas al producirse la falla en horarios imprevisibles.
- La reconexión de los cables luego de su reparación o cualquier otro tipo de trabajo de mantenimiento sobre los mismos por medio de técnicas de trabajo con tensión resultaba complicada, por lo limitado de los espacios y la falta de versatilidad de la estructura que no había sido diseñada pensando en el trabajo en línea viva.

- El empleo de técnicas de diagnóstico off-line del estado de los cables subterráneos se complicaba también por lo antes mencionado.

Ante esta situación se decidió llevar adelante un proyecto de rediseño y modificación de los cruces de ruta subterráneo que permitiera:

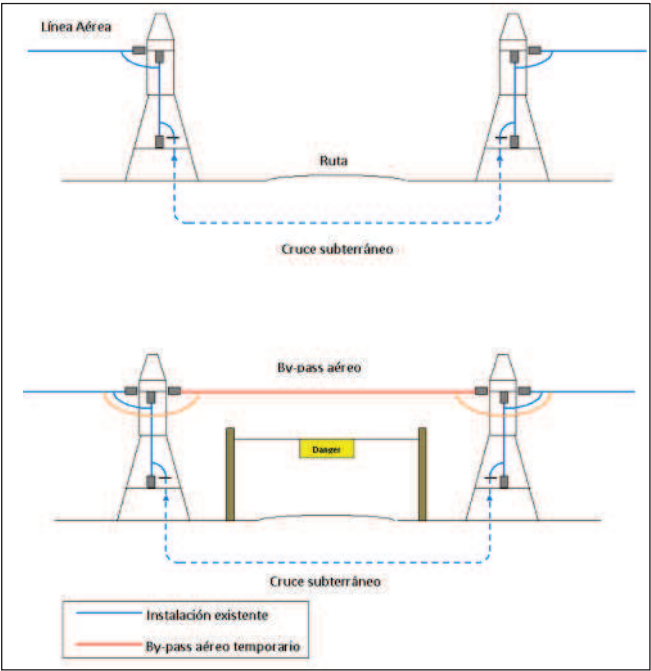
- Evitar la salida de línea completa ante una falla en uno de los cables.
- Reducir los tiempos de las salidas de servicio al posibilitar la desconexión de los cables mediante la instalación de seccionadores.
- Reducir la incidencia de fallas en subterráneos al permitir realizar ensayos de cables off-line para evaluar la condición de aislación de los mismos.
- Facilitar el mantenimiento con tensión en las instalaciones.



Implementación del proyecto con la ayuda de TCT

Este rediseño debía ser implementado en 9 cruces de ruta de las 4 líneas de torres principales, y el desafío que se planteaba era desarrollar un procedimiento de trabajo que permitiera la modificación del sistema sin interrumpir el suministro de energía.

Se pensó entonces en la instalación de un doble by-pass aéreo entre las torres de cada cruce de ruta que permitiera la desconexión de los cables subterráneos existentes, la construcción de las estructuras del nuevo diseño y la posterior conexión de las mismas a las torres.



Este tipo de by-pass se ejecutaba como un procedimiento habitual cada vez que debía solucionarse un punto caliente en la conexión de algún cruce subterráneo, pero en líneas de poste mucho más bajas y en cruces de ruta de longitud menor que las existentes entre torres, y solo en una ocasión anterior se había llevado a cabo entre un circuito de torres, experiencia que se capitalizó para llevar adelante este proyecto.



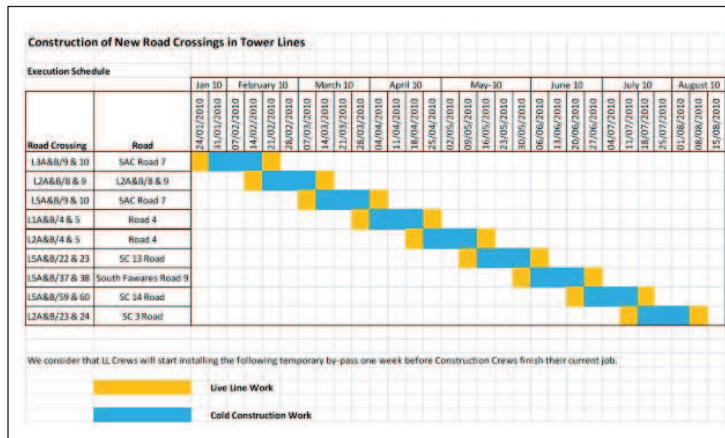
Algunos puntos importantes a considerar eran:

- **Corte temporario de las rutas y señalización del by-pass instalado.** Durante la ejecución de los trabajos de instalación del vano temporario, debía preverse un desvío para el tránsito que estuviera correctamente señalizado, ya que en su mayoría los cruces se encontraban ubicados en rutas principales del yacimiento con alto tránsito de vehículos livianos y pesados. Además, una vez instalado el by-pass, debía dejarse instalados indicadores de altura segura antes y después del cruce, para informar a quienes no estuvieran advertidos, que la altura máxima para los vehículos que circularan por dicha ruta había quedado limitada.
- **La altura de trabajo,** ya que la fase superior en estas torres se encuentra a 21,6 m del nivel del suelo, por lo que debían emplearse hidroelevadores de 24 m de altura de trabajo.
- **La coordinación de tareas,** debido a que para agilizar el trabajo se decidió emplear dos cuadrillas simultáneamente, trabajando una en cada torre a ambos extremos del cruce de ruta, designándose un ingeniero responsable de la coordinación quien se comunicaba con los supervisores de cuadrilla en cada torre. A su vez los supervisores se comunicaban con los linieros que trabajaban en altura por medio de radios (handies).

Una vez considerados estos temas y definido el procedimiento de línea viva a emplear se estableció un procedimiento en general para la ejecución de las obras en cada cruce el cual podía desglosarse en los siguientes pasos.

ACTIVIDAD	A CARGO DE	DURACION [Días]
Instalación de indicadores de altura segura	IMCO Construction	1
Instalación del by-pass aéreo temporario y desmantelamiento de las bajadas (droppers)	IMCO Live Line	4
Construcción de pórticos de acuerdo al nuevo diseño	IMCO Construction	18
Re-instalación de bajadas y retiro del by-pass temporario	IMCO Live Line	4
Retiro de indicadores de altura segura	IMCO Construction	1
		28

Esto significaba que la altura máxima de circulación quedaría limitada durante aproximadamente 28 días en cada cruce, de manera que para no afectar el movimiento de Riggs (torres de perforación), el plan general para la ejecución del proyecto fue coordinado con la División de Producción, quedando establecido el Plan de Trabajo para el proyecto completo.



Procedimiento de Línea Viva para la Instalación y Posterior Retiro del By-pass Aéreo Temporario

Una vez instalados los indicadores de altura máxima, se procede al corte de la ruta y desvío del tránsito por el camino alternativo fijado.



Un hidroelevador se ubica en cada torre a ambos lados del cruce subterráneo y se instala el herraje y aisladores necesarios para la retención de los conductores del cruce temporario.

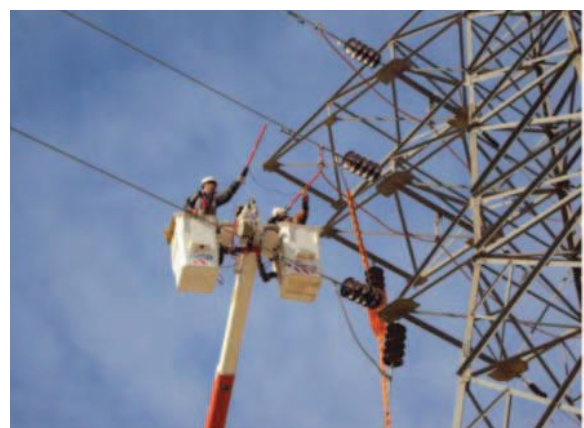


Empezando desde la fase superior se realiza el tendido del conductor del vano temporario, y se repite la operación en las fases del medio e inferior.



Luego se repite el procedimiento para la terna restante.

Una de las cuadrillas instala un puente aislado entre el conductor de línea y el conductor del by-pass temporario y la cuadrilla ubicada en la otra torre controla la concordancia de fases antes de cerrar el circuito instalando otro puente aislado, tras lo cual verifica la circulación de corriente mediante una pinza amperométrica.



Este procedimiento se repite en las dos fases restantes, luego de lo cual el by-pass aéreo temporario se encuentra cerrado y puede procederse a la desconexión de las bajadas del cruce subterráneo (droppers).



Se desconectan entonces uno a uno los puentes existentes entre el conductor principal y las bajadas empezando desde la fase inferior y continuando hacia la superior, para posibilitar el retiro de los conductores de la bajada (droppers).



Una vez que el cruce subterráneo existente se encuentra frío, se procede al retiro de los conductores de bajada.



Se repiten estas operaciones en la terna opuesta, tras lo cual el by-pass aéreo queda operativo transportando la corriente total de las líneas y el sitio se despeja para dar lugar al equipo de construcción, quien tiene a su cargo la ejecución de

los trabajos de remodelación de acuerdo al nuevo diseño.



Trabajos de Remodelación a Cargo del Equipo de Construcción



Una vez concluido el trabajo de remodelación, las cuadrillas de línea viva retornan al sitio para proceder a la conexión de las nuevas instalaciones y el retiro del by-pass temporario.

Ubicándose un equipo en casa torre se instalan las nuevas bajadas (droppers) desde la torre a los pórticos construídos.



Verificando previamente que todos los seccionadores se encuentran abiertos, se conectan las bajadas a la antena del pórtico y luego se conectan las bajadas a la línea principal.

A continuación se cierra uno de los seccionadores a un lado del cruce y se controla la concordancia de fases antes de cerrar el seccionador correspondiente del otro lado. Luego se energizan de la misma forma los dos cables restantes.



Habiendo verificado la circulación de corriente por el circuito principal, se retiran luego los puentes aislados a cada lado del by-pass temporario, trabajando en forma coordinada ambas cuadrillas en cada torre.

Este procedimiento se repite para la terna o circuito restante.

Se están en condiciones ahora de retirar los conductores del by-pass aéreo temporario.



Debe hacerse la salvedad que para el retiro de estos conductores deben tomarse precauciones adicionales puesto que a diferencia de cuando se instalaron, ahora se encuentran los pórticos energizados al pie de cada torre. Se utiliza para ello una soga guiada a través de roldanas y trabajan los hombres de piso con guantes aislantes para minimizar los riesgos ante cualquier contacto eventual, al bajar los conductores del cruce, con las instalaciones energizadas.

Se retiran los conductores del cruce temporario empezando desde la fase inferior hacia la superior.

Una vez completada la tarea, se retiran los limitadores de altura y se habilita el tránsito por la ruta principal.





Casos especiales

El procedimiento descrito más arriba fue el empleado en la generalidad de los casos, aunque, como se mencionó anteriormente, el proyecto incluyó la remodelación de 9 cruces de ruta en las redes dentro del yacimiento, los cuales se ejecutaron durante 9 meses aproximadamente a lo largo de los cuales se presentaron diversas dificultades que debieron sortearse adaptando el procedimiento a cada situación.

Tal es el caso de los cruces de ruta en la Líneas 1 y 2 entre torres 4 y 5 (L1/T4&5 – L2/T4&5), en donde una línea de 11 kV instalada sobre postes de 10 m de altura corría en forma paralela a la ruta sobre la cual debía tenderse los vanos temporarios.

En este caso se utilizó un tercer hidroelevador aislado que se ubicó junto a la línea de 11 kV a sortear, el cual se utilizó como apoyo para evitar que los conductores del by-pass aéreo temporario a ser instalados fueran a entrar en contacto con dicha línea durante la instalación.

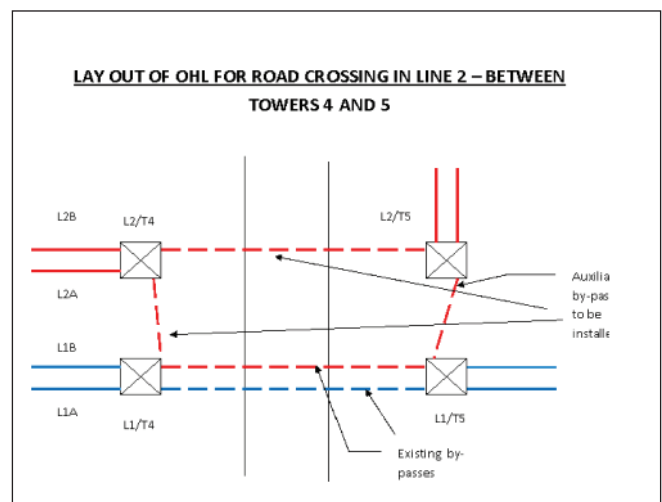


Al mismo tiempo, se instaló una soga aislada que se utilizó como fiador para la instalación de los conductores desnudos del by-pass temporario para evitar que cayera sobre la línea de 11 kV durante el tendido.

Idéntico procedimiento se siguió para el retiro del by-pass temporario una vez finalizado el trabajo.

Otro caso especial se planteó en el cruce de ruta ubicado en Línea 2 entre torres 4 y 5 (L2/T4&5) en donde una de las torres del cruce, la número 5, se encontraba en posición a 90° de la dirección del cruce lo cual impedía instalar el by-pass temporario para cada terna en forma paralela, tal como se venía haciendo en el caso general.

Surgió la idea entonces de utilizar los conductores de los by-passes temporarios que se habían instalado previamente en el cruce de Línea 1 entre Torres 4 y 5, el cual se encontraba paralelo a unos 10 m del de línea 2 de acuerdo al siguiente diagrama:



Es decir que en este caso, una vez concluidos los trabajos de remodelación en el cruce adyacente, se dejaron instalados los conductores del vano temporario y se tendió una terna de conductores entre las torres 4 de líneas 1 y 2, y otra terna entre las torres 5 de líneas 1 y 2 para construir el by-pass.



Resultados

El proyecto se desarrolló durante 9 meses, durante los cuales no se registraron incidentes de seguridad, con un alto grado de eficiencia y donde debieron superarse algunos inconvenientes como los retrasos en el plan producidos por factores ambientales, como los días con viento de elevada intensidad o tormentas de arena, las cuales son frecuentes en la zona entre los meses de Abril a Julio y durante los cuales los trabajos debían interrumpirse por cuestiones de seguridad, o algunas modificaciones en los movimientos de torres de perforación que requerían a veces expeditar el retiro de los by-passes temporarios.

Una vez concluido el proyecto y con las nuevas instalaciones en servicio, la confiabilidad del sistema de distribución en el yacimiento se vio sustancialmente incrementada debido a que:

- Una falla en un terminal de cable terminal que anteriormente arrastraba a toda la línea, con el nuevo sistema, solo dejó fuera de servicio al mismo, manteniendo los dos cables restantes del cruce en servicio la línea. (L3/T10 cable 3)

- En otra ocasión sin bien el nivel de corriente de cortocircuito de la falla provocó la salida de servicio de la línea completa, la reposición del servicio solo tomó 45 minutos cuando antes llevaba un promedio de 6 horas. (L1B/T4 cable 1)
- Pudo implementarse un plan de monitoreo de la condición de los cables a través de medición de Descargas Parciales Off-Line y ensayos de VLF (Very Low Frequency).

El empleo del trabajo con tensión para la ejecución del proyecto, permitió la producción ininterrumpida de 300.000 BOPD (barriles de petróleo), lo cual representaba u\$s 24 millones en pérdidas para el cliente en caso de haberse sacado de servicio las líneas para la ejecución de las obras.

Conclusiones

El presente trabajo constituye un claro ejemplo de cómo el Trabajo Con Tensión puede contribuir a evitar importantes pérdidas económicas, a la vez que se mantiene un alto grado de seguridad y se motiva al personal a trabajar en equipo para el desarrollo de nuevos procedimientos.