

► Desmitificando el cable de alta temperatura

Por Carlos Ruiz de Erenchun, Francisco Javier Morentín, Luciano Azpiazu, Marta Landeira Saprem - Trefinasa

Palabras clave

Repotenciación, líneas, solución, incremento, sobrecapacidad, GAP.

Resumen

Como toda innovación tecnológica que afecta a organizaciones clave, de naturaleza conservadora, la decisión de implantación de cables de alta temperatura y baja flecha (HTLS), hasta que la misma no se considere una práctica habitual y válida, se realiza basándose exclusivamente en parámetros de la fase de diseño (costos, cargas, pérdidas). Sin embargo, en la fase de montaje y sobre todo en explotación, existen situaciones que si no son previstas a priori, suponen importantes sobrecostos y alimentan a los detractores, conocedores o no del problema real.

Los autores de esta nota aportan su experiencia, basada en un paradigma: 'No hay que hablar del cable como elemento individual, sino bajo un enfoque sistémico', y proponen hablar de sistema de transmisión cuya base es un cable de características diferenciadas.

Se desarrollará una metodología para el ciclo fabricación-montaje-explotación, para la adopción de medidas preventivas que eviten problemas posteriores y generen una biblioteca de mejores prácticas.

Esta nota, fundamentalmente práctica, recoge y po-

ne a disposición de explotadores y futuros constructores las lecciones aprendidas en diferentes entornos, constituyendo una metodología del diseño de un nuevo sistema de transmisión.

Antecedentes

El principal origen de esta solución tecnológica viene derivado de la congestión de redes existentes consecuencia del incremento de demanda, así como de la necesidad de llegar con instalaciones suficientes a nuevos emplazamientos de fuentes renovables de generación o de nuevos receptores.

La complicación de desarrollar nuevas redes o modificar las existentes, debido al efecto NIMBY (*not in my backyard*) obliga a los diseñadores a proyectar ampliaciones sin variar los derechos de paso de las líneas, aprovechando los apoyos existentes. La clave está en que estos conductores deben seguir manteniendo unas características básicas de mayor capacidad para la misma sección, y peso, y al menos la misma fiabilidad que los convencionales a lo largo de toda la vida útil. Y además ser eficientes, es decir, conseguir un nivel de pérdidas que haga rentable su explotación, en las condiciones habituales y de funcionamiento en emergencia.

En la nota se va a desarrollar cada uno de esos puntos, dando una visión del estado del arte, su im-

Tipo / Precio	Temperatura de transición tipo aluminio temperatura máxima de operación	Instalación	Ventajas	Desventajas
TACSR / bajo	Superior a 100 °C. Termorresistente (TAL) 150 °C.	Convencional	Igual a la de un conductor ACSR. Los herrajes son convencionales, aunque dimensionados para operación a altas temperaturas.	La flecha es igual a la de un conductor ACSR convencional. En la mayoría de los casos se requiere de recrecido de apoyos.
GAP / bajo	En la condición de regulado del conductor. Termorresistente (TAL, ZTAL) 150 – 210 °C.	Maniobras y método especial de regulado. En tendido se pueden utilizar empalmes de compresión para empalmar distintas bobinas.	Similar a las de un conductor convencional. Experiencia de más de 25 años en líneas. Los herrajes son convencionales.	Mayores tiempos de instalación del conductor por su particular método de regulado. Reparación del conductor con mayores dificultades.
ACSS / bajo	Puede fijarse mediante pretensionado del conductor. Aluminio recocido 250 °C.	El manejo e instalación del conductor con especial cuidado y herramientas especiales, para evitar la formación de jaulas en el aluminio y/o roturas de venas. El pretensionado plantea dificultades en la instalación y necesidad de reforzados provisionales.	Uso de materiales metálicos cuyo comportamiento es conocido a lo largo de la vida útil de una línea.	Difícil control del comportamiento en flecha del conductor, debido al punto de transición variable. Controlable mediante pretensionado (aumentando los tiempos y costos de instalación). Riesgos de formación de jaulas y roturas de hilos de aluminio.
ZTACIR / alto	Superior a 100 °C. Aluminio termorresistente (ZTAL) 210 °C.	Convencional	Igual a la de un conductor ACSR. Los herrajes son convencionales.	La flecha similar a la de un conductor ACSR convencional por debajo de temperatura de transición, tn la mayoría de los casos se requiere de recrecido de apoyos.
Composite de matriz polimérica / alto	Depende de las sobrecargas en el conductor en operación. Aluminio recocido 120 / 160 / 180 °C.	El manejo e instalación del conductor con especial cuidado y herramientas especiales para evitar la formación de jaulas en el aluminio y/o roturas de venas. Especial cuidado en la instalación para evitar daños en el núcleo de <i>composite</i> por flexiones o torsiones.	Peso ligero – menores flechas. Cargas de rotura elevadas.	Utilización de nuevos materiales. Poca experiencia en el comportamiento a largo plazo (envejecimientos). Posible vida útil más reducida. Herrajes especiales en amarre. Un incorrecto manejo puede conllevar roturas súbitas de conductor difícilmente predecibles y detectables. Tecnología patentada.
Composite de matriz Metálica/ Muy alto	Elevada – Aluminio termorresistente (ZTAL) 210 °C.	Requiere de técnicas especiales de instalación y herrajes.		Utilización de nuevos materiales. Poca experiencia en el comportamiento a largo plazo de este tipo de materiales. Requiere de herrajes especiales en amarre, debido a las limitaciones de compresión en el núcleo de <i>composite</i> . Tecnología patentada.

Tabla 1. Tipos de conductores de alta capacidad.

plantación, y las condiciones de selección, acopio e instalación partiendo de la razonable hipótesis de que no hay un conductor perfecto para todos los casos, sino que el mercado ofrece alternativas que deben ser analizadas.

Estado del arte de conductores y accesorios

En la tabla 1 se describe las distintas tecnologías de cables de alta capacidad presentes actualmente en el mercado, y se realiza una breve descripción de sus características, así como de las ventajas y desventajas que presentan cada uno de ellos.

Incidentes reportados

Ruido por efecto corona: en un conductor GAP-G(Z) TACSR, y en la grasa exterior para proteger el aluminio (no confundir con la interna) se produjo la separación del aceite que migró al exterior. **Solución:** utilización de grasas adecuadas para operación a alta temperatura.

Problemas de instalación: en el caso de que se utilicen ranas de regulado sobre el acero engrasado, se puede producir deslizamiento de ranas si son inadecuadas, y para cables con aluminio recocido, se pueden dañar los cables. **Solución:** uso de ranas o máquinas de tensado adecuadas, uso de ranas en tándem. En el destrenzado y retrenzado de los hilos de aluminio se han reportado incidentes de jaula y problemas estéticos. **Solución:** métodos de regulado del GAP generados por el fabricante y que no conlleven el destrenzado y retrenzado de los hilos.

En un conductor ACSS y en otro de matriz polimérica ha habido problemas debido a que presentan hilos de aluminio recocido que tiene una carga de rotura muy baja y un alargamiento muy elevado, lo que hace que durante el pasado por polea, regulado y engrapado, se formen jaulas o florones en

los hilos de aluminio, pudiendo llegar a existir roturas, y se pueden producir problemas de corona y radiointerferencia, así como puntos calientes en el conductor.

También con conductor ACSS se ha planteado la problemática del pretensionado del conductor para el control del punto de transición, que provoca importantes jaulas de conductor, y compromete incluso los apoyos de líneas. **Solución:** formación adecuada del personal, procedimientos de tendido y engrapado adecuados, y uso de útiles adecuados (ranas en tándem).

Rotura de conductores: en el caso de conductor de *composite* de matriz polimérica ha habido reportes de roturas súbitas totales en operación, con caída de conductores al suelo, debidas a la incorrecta manipulación del conductor durante el tendido, que provocaron daños en el núcleo de *composite*, causantes a posteriori de las roturas súbitas. **Solución:** formación adecuada del personal, controles exhaustivos de fabricación del núcleo y procedimientos que consideren limitación de temperaturas de operación para garantizar todas las propiedades mecánicas del material.



Jaula en conductor ACSS.



“Debe abandonarse la idea de que el conductor es una pieza independiente y hablar del sistema de conducción de la electricidad, conductor, grapas, accesorios, amarres, y siempre los útiles especialmente diseñados y optimizados para este material.”

La opinión general de los distintos actores y el diagnóstico

Aquí pasamos revista a los distintos actores que intervienen en la gestión de una línea durante toda su vida útil, a sus hábitos y lugares comunes.

- » **Fabricantes y especificadores:** deben solicitar información completa y replantear, con especificación, las condiciones reales de funcionamiento. Además, identificar claramente los riesgos, para poder controlarlos; tanto como estudiar fenómenos no habituales, pero reales.
- » **Planificadores:** en general no son informados por los especialistas de las características de estos conductores, y por tanto no los contemplan como alternativa a una ampliación o a un nuevo circuito. Tampoco valoran en general las pérdidas reales esperadas en base a la curva de carga prevista y a la probabilidad de fallo, lo que aumenta sustancialmente las pérdidas evaluadas a priori con respecto a las previstas, valorando la probabilidad y el riesgo de funcionar demasiado tiempo en la temperatura límite (que no es real). Habitualmente no consideran esta solución como alternativa al doble circuito con el criterio n-1, de tal forma que un solo circuito pueda con todo. Existe el problema cuando el negocio es regulado, de la distinta valoración del activo, siendo dos líneas idénticas pero con distinto conductor y por tanto distinta capacidad de transporte y costos de operación y mantenimiento. Muy importante es también considerar toda la vida útil al evaluar los plazos reales de amortización de la instalación. Es importante adecuar la solución al país y sus condiciones meteorológicas y valorar que de cara a un descargo no habría problemas de tiempo y de prisas.
- » **Proyectistas:** suelen ser reacios a los cambios tecnológicos, y deben recalculan la línea completa fuera de su rutina habitual; y a esto se une que cada vez personal menos calificado es el que realiza los cálculos. Asimismo deben confeccionar el plan de trabajo, lo que debido a la distinta forma de realizar el tendido y regulado y la confección de empalmes, les lleva a ser reacios a adoptar esta solución.
- » **Personal de compras:** deben cumplimentar la evaluación y adjudicación de un nuevo conductor, casi siempre de forma independiente a los accesorios absolutamente necesarios para el nuevo cable. Dependiendo de la compañía, a veces lo aporta el constructor, y entonces para compras resulta difícil compararlo con el conductor convencional.
- » **Contratista de ingeniería y montaje:** en general se encuentra con una adjudicación que no ha preparado desde el origen, sin conocer las condiciones específicas del nuevo conductor, con un personal sin adiestrar, sin útiles especialmente diseñados y a su disposición inmediata y con la duda de dónde va a sacar el beneficio legítimo a su trabajo. Como no tiene relación directa con el fabricante, puede tender a optimizar su trabajo en base a iniciativa propia por no consultar pero sobre todo por no tener línea directa formal con el fabricante.

» **Personal de mantenimiento y operación:** no suele estar formado en su tratamiento preventivo, a veces es hasta contratista distinto del de montaje, y al que hay que auxiliar en situaciones de emergencia llevando el cable al límite de su temperatura, con monitorización *online* o no, que duda de la utilidad del cable en situaciones nuevas de derivaciones, pasos a subterráneos, empalmes por avería o impactos, e incluso creen en la irreparabilidad del cable dañado. Sin embargo se pueden aportar experiencias exitosas de trabajos como, por ejemplo, soterramiento de parte de línea, con modificación de apoyos que conlleva modificación en vano (longitud del nuevo vano, menor que el existente), cambio de grapas de compresión debido a instalación deficiente de las mismas por el instalador, mediante una maniobra especialmente diseñada a tal efecto (alargar la cadena de herrajes mediante adición de alargaderas) utilizando el conductor existente. Esto se lleva a cabo tanto en torres de amarre como en torres de falso amarre en suspensión. También, modificación del trazado de línea de un conductor existente o reemplazo de las cadenas de amarre y suspensión de toda una línea, por requerimiento de nuevos valores de resistencia al cortocircuito.

Resumen global

Pero todo lo anterior no es ajeno ni distinto a la implantación de cualquier nuevo material, y lo importante es no olvidar cada uno de los actores, identificar su función respecto al nuevo material, que se considere como un sistema de transmisión y distribución de energía y no como equipos distintos que acaban integrando una función, y además ver siempre la vida útil esperada y no únicamente la inversión inicial, sumando a veces una mala

evaluación de pérdidas esperadas.

Un buen *benchmarking* entre fabricantes y usuarios ayudará mucho a vencer las reticencias iniciales, de forma similar a cuando se plantearon los primeros cables subterráneos con distintos aislamientos o el paso de protecciones y medida de equipos electromecánicos a digitales.

La propuesta de solución: enfoque global sistémico para todo el ciclo de vida

Del diagnóstico anterior hay un concepto claro como es considerarlo una solución ante alternativas casi imposibles, o al menos de largo plazo de implantación, basando la decisión técnica en que el conjunto es capaz de ofrecer un aumento de capacidad de transporte suficiente con una fiabilidad garantizada y unos costos de explotación mejores que los reconocidos si la actividad fuera regulada.

La valoración de pérdidas debe realizarse entre distintas alternativas constructivas para los diferentes conductores existentes en el mercado.

Debe abandonarse la idea de que el conductor es una pieza independiente y hablar del sistema de conducción de la electricidad, conductor, grapas, accesorios, amarres, y siempre los útiles especialmente diseñados y optimizados para este material. ■

Trabajo presentado en CIDEL 2014
SAPREM - TREFINASA