

COMITÉ DE ESTUDIO B4 DE CIGRE COLOMBIA

PROPUESTA PARA LA CREACIÓN DE UN NUEVO GRUPO DE TRABAJO

<p align="center">TOR WG B4.2</p>	<p>Nombre del Coordinador: Jorge Wilson González (Universidad Pontificia Bolivariana) E-mail: jorgew.gonzalez@upb.edu.co</p>
<p>Título del Grupo: REQUERIMIENTOS PARA LA INCORPORACIÓN DE SISTEMAS HVDC EN COLOMBIA</p>	
<p>Problema Técnico a solucionar por el GT:</p> <p>El planteamiento del problema podría surgir con base en diversas preguntas. Debido a que en Colombia no se dispone de sistemas HVDC, una de las preguntas fundamentales podría concebirse desde el lado del planeador o del operador nacional, entre otros actores obviamente. La pregunta, entre muchas otras que podrían establecerse, podría ser: ¿Qué necesidades se tienen a futuro en el sector eléctrico colombiano que conduzcan hacia soluciones con sistemas HVDC?</p> <p>Otras preguntas podrían partir de concebir estas tecnologías como indiscutibles, dada la trayectoria mundial de su aplicación. En este sentido la pregunta sería: ¿Cómo debe construirse la solución con HVDC para las necesidades particulares y a futuro en Colombia?</p> <p>Así como las anteriores, surgirían más preguntas, que podrían partir desde los intereses particulares de cada agente del sector eléctrico.</p> <p>La implementación de sistemas de alta tensión en corriente directa (HVDC, por sus siglas en inglés), requiere de la concepción y evaluación previa de factores estratégicos y determinantes propios de una región o país. Se deben identificar retos y beneficios de toda índole, más allá de la cantidad de potencia que busca transferirse. Son elementos que se presentan tanto en función de la tecnología dominante, como de aspectos económicos, regulatorios, ambientales y sociales.</p> <p>En el caso de Colombia, se han proyectado interconexiones al interior del país, en particular, la subestación Colectora II en la Guajira y también hacia el exterior con Centroamérica con el proyecto de Interconexión Colombia-Panamá (ICP). Para estos proyectos, es necesario que el sector eléctrico colombiano identifique y apropie los factores o dimensiones claves alrededor de las soluciones HVDC, identificadas como tecnologías estratégicas de altas capacidades y de diversas posibilidades.</p> <p>Por lo anterior, dado que HVDC es una nueva tecnología para el país, es necesario solucionar tanto las preguntas fundamentales de porqué HVDC, como las específicas o tradicionales para emprender uno de estos proyectos. Se deberán realizar estudios trascendentales de impacto, técnico, económico, ambiental, de confiabilidad y normatividad, planteando a su vez las posibilidades de ampliación futura ante incrementos de demanda; garantizando además el desempeño y seguridad de la red en el entorno. Se deberán aportar los elementos necesarios que permitan evaluar el tipo de tecnología más adecuada desde cada dimensión en pro del país y en función de sus necesidades y características particulares. De otro lado, es necesario establecer recomendaciones para permitir la integración de los diversos agentes del sector en el sistema.</p>	
<p>Beneficios Potenciales del GT:</p> <p>Contar con una tecnología HVDC extiende nuevos beneficios, adicionales a la potencia que es transferida, entre los cuales se encuentran: El control de la red, mejoramiento de la</p>	

estabilidad, la flexibilidad operativa, beneficios en aspectos económicos, de mercado y ambientales.

Con este proyecto, el CIGRE proporcionará alternativas de decisión innovadoras alrededor de los beneficios indicados, para la solución óptima del problema planteado, acorde con el estado del arte mundial. El grupo de trabajo producirá una matriz comparativa entre las tecnologías LCC y VSC, para ayudar en la toma de decisiones sobre la implementación de sistemas de transmisión HVDC con alto impacto y trascendencia positiva para las particularidades del sistema eléctrico colombiano.

Alcance, entregables y propuesta de tiempos del GT:

Contexto-Antecedentes:

Debido a la transición energética, el sector eléctrico se ha visto en la necesidad de usar equipamiento de electrónica de potencia de alta capacidad y controlabilidad para soluciones estratégicas y de gran potencia, que trascienden el sector, tanto en el ámbito nacional, como internacional. Una solución para el transporte de potencia la constituyen los sistemas HVDC. Dichos sistemas se han implementado por más de seis décadas usando la tecnología clásica basada en tiristores (LCC, Line Commutated Converters). De igual manera, se dispone de una versión basada en transistores bipolares de compuerta aislada, IGBTs (VSC, Voltage Source Converters) implementada desde los años 90.

En Colombia, particularmente en la zona del Caribe, la proyección en cuanto a integración de energías renovables es prometedora. Es incluso una realidad en el mediano plazo, por lo que ya se cuenta con la previsión de corredores para elevados flujos de potencia basada en energías renovables. Es aquí donde la implementación de sistemas HVDC toma relevancia, ya que el recurso que se explotará en esta zona es principalmente eólico, por lo que se esperan grandes potencias y distancias entre los centros de generación y los puntos de conexión. Situación que, sumada a la necesidad de grandes capacidades de transporte de potencia y diversidad de esquemas de control, abren un abanico de posibilidades en cuanto a las tecnologías y configuraciones de HVDC para la resolución de la problemática.

Adicionalmente, otro proyecto de gran relevancia para el país y de gran magnitud, en el cual se hace necesario el uso de sistemas HVDC por las distancias de transmisión e incluso requerimientos de conexión submarina, lo constituye la Interconexión ICP con Centroamérica.

El trabajo a ser desarrollado por el grupo de trabajo ahondará en las dos tecnologías más usadas (LCC y VSC), estudiando de manera especial aspectos basados en su flexibilidad, madurez y confiabilidad. Independiente de la tecnología y configuración usada, este tipo de sistemas exigen abordar ciertos aspectos, temas y retos para los actores del sector, entre los cuales se resaltan:

- Análisis e impactos en planes de expansión y formulación de escenarios.
- Madurez y confiabilidad de sistemas LCC y VSC. Vida útil esperada.
- Confiabilidad en subestaciones convertidoras.
- Impactos o elementos básicos normativos y regulatorios.
- Implicaciones en la operación del sistema de potencia.
- Controles de flujo de potencia activa y reactiva.
- Controles de tensión.
- Disposición de reactivos de parte del sistema.

- Regulación de Frecuencia.
- Emulación de Inercia y soluciones de estabilidad.
- Armónicos de Tensión: AC y DC.
- Control de Inversión y Rectificación.
- Interconexión con sistemas de baja capacidad de cortocircuito (SCR).
- Estabilidad del Sistema de Potencia.
- Protecciones: AC y DC. Impacto de fallas.
- Soluciones con cable aislado.
- Control de enlaces HVDC en redes multiterminales.
- Implementación de servicios complementarios para la red y su mercado.
- Actualización del currículo en universidades y centros de investigación.

Adicional a los retos técnicos, se deben plantear los económicos y logísticos, debido a múltiples factores como son el costo de las diferentes tecnologías, la infraestructura necesaria para implementarlas, la disponibilidad de espacios y rutas para transporte de los equipos de subestación donde se alojarán los centros de transformación.

La posibilidad de expansión de los proyectos HVDC en Colombia da lugar a prever y concebir una red de corriente directa que incluso logre interconectar los sistemas HVDC entre sí, en caso de que fueran proyectos independientes (ejemplo: Guajira, Centroamérica). Para esto, será necesario explorar minuciosamente arquitecturas, topologías y esquemas de control básicos para los convertidores que integren la red de directa.

¿Cómo desarrollarlo?

En principio se sintetizará información de estudios previos, así como de las recientes conclusiones y recomendaciones del seminario de sistemas HVDC realizado por CIGRE en el mes de junio de 2020. De esta manera, se buscará proporcionar valor agregado y aplicable al caso colombiano. Además, para el escenario base contemplado se propondrán soluciones técnicas utilizables y adaptables a diversas opciones, alternativas o propuestas. Se diseñará una matriz comparativa para observar las ventajas y desventajas de ambas tecnologías y evaluar los siguientes interrogantes: ¿Cuáles necesidades resolverán los sistemas HVDC en el país? ¿Cuál de las dos tecnologías es más conveniente para el sistema de potencia nacional? ¿Qué ventajas se podrían obtener de combinar las dos tecnologías? ¿Qué tipo de configuraciones se podrían utilizar?

Las respuestas a las inquietudes anteriores se responderán a través del desarrollo de diferentes enfoques con el apoyo de los subgrupos de trabajo, entre los cuales se resaltan: solución técnica aplicable, confiabilidad y madurez tecnológica, gestión tecnológica y gestión regulatoria.

I. Solución técnica aplicable:

Se establecerá una estrategia de desarrollo para los diversos aspectos que comprende un proyecto de transmisión de la envergadura indicada, aunándose a la tecnología HVDC, en la cual se aprovechen las fortalezas y conocimientos de los integrantes del grupo de trabajo.

Es de aclarar, que analizando el caso donde se aplican los sistemas HVDC se toman en cuenta las características del proyecto y de la región, en términos de la capacidad instalada

de las plantas de generación de energías renovables, y de las características del sistema de transmisión en el punto de conexión, como lo son su estabilidad y robustez, la infraestructura necesaria para la implementación del proyecto y las adecuaciones necesarias para soportar la integración de estas tecnologías.

Se crearán cronogramas en mutuo acuerdo, que permitan un desarrollo efectivo y sincronizado entre las diversas disciplinas. Uno de los elementos fundamentales, puede constituirse en disponer de modelos para simulación digital, a ser empleados en diferentes frentes de trabajo. Por ejemplo, con esta metodología, utilizando el software Power Factory DigSILENT, se desarrolla el modelo equivalente para el sistema y se recurre a XM para realizar las simulaciones de la interconexión con el sistema en la Guajira o Centroamérica. También podría replicarse el proceso a través de otros programas como el PSCAD para hacer seguimiento de detalle en algunos aspectos. El fin perseguido es obtener modelos de ambas tecnologías para el análisis de estos sistemas tanto de forma individual, como para redes multiterminales de directa, y lo que implica la integración al sistema de potencia actual. Dichos modelos se presentarán como genéricos o referentes de modo que puedan ser modificados y aplicados para el análisis de integración en configuraciones distintas de la propuesta principal.

Hablando específicamente de modelación, también se podrá considerar modelos híbridos HVDC, con LCC en un extremo y VSC en el otro, acoplando estrategias de control, capacidad, costo, expansión futura y terreno. Por ejemplo, teniendo en cuenta el bajo requerimiento en espacio, la flexibilidad de control de la potencia, y su independencia de un nodo fuerte de alterna, la tecnología VSC muestra ventajas para ubicarla en el extremo rectificador de la línea recibiendo la potencia generada y transmitiéndola a través de la línea HVDC a un extremo receptor con tecnología LCC que tiene ventajas en madurez, confiabilidad, menores pérdidas, alta capacidad y menores costos. Actualmente, la Universidad Pontificia Bolivariana construyó un prototipo a pequeña escala de un sistema HVDC que posee un terminal LCC y otro VSC. Una intención, es ponerlo a punto y ofrecerlo al medio académico e industrial como mesa de trabajo para comprobar operatividad de enlaces híbridos, requerimientos y controles.

II. Confiabilidad y madurez tecnológica:

Dados los altos costos, impactos y complejidad de las instalaciones HVDC, se deberán realizar cuidadosos análisis comparativos basados en la confiabilidad y madurez tecnológica entre ambas opciones. Deberá incorporarse un grupo de expertos en evaluación de alternativas basadas en la relación beneficio/costo envolviendo el tema específico de un proyecto HVDC.

II. Gestión tecnológica:

Desde la gestión tecnológica, se deben involucrar experiencias en el desarrollo de proyectos de innovación por parte de expertos y empresas de energía que hayan incorporado tecnologías disruptivas en la red.

V. Gestión regulatoria:

De otro lado, se deberá estudiar la normativa y regulaciones colombianas como aspecto estratégico para procesos de concepción, ingeniería conceptual, diseños, especificación, construcción, pruebas, puesta en servicio y operación de estos proyectos con esquemas de mercado apropiados a la realidad nacional. En este punto, el papel de la entidad de planeamiento, del regulador, del operador nacional, las empresas de transporte,

consultores, academia, fabricantes, ambientalistas y expertos en general, será vital para detectar y establecer necesidades de armonización regulatoria y normativa.

Alcance

A continuación, se listan los alcances de acuerdo con lo expuesto previamente en este documento. Con base en estos alcances, se establecen subgrupos de trabajo.

1. Matriz comparativa entre tecnologías LCC – VSC.
2. Consolidación de necesidades de sistemas HVDC en Colombia. Análisis de planeación en torno a los proyectos propuestos (colectoras, Centroamérica).
3. Impactos en planes de expansión y formulación de escenarios.
4. Retos al operador del sistema de potencia.
5. Revisión de requerimientos para control de flujo de potencia activa y reactiva en Colombia.
6. Esquemas de control de tensión.
7. Disposición de reactivos de parte del sistema.
8. Interconexión de HVDC con sistemas de baja capacidad de cortocircuito (SCR).
9. Análisis sobre regulación de frecuencia con sistemas HVDC.
10. Estudios de estabilidad del Sistema de Potencia con soluciones HVDC.
11. Emulación de Inercia y soluciones de estabilidad.
12. Modelos básicos tipo *Benchmark* de sistemas HVDC en *Power Factory DigSILENT*.
13. Modelo tipo *Benchmark* de sistemas HVDC en PSCAD para análisis transitorio.
14. Prototipo digital para sistemas multiterminales en CD.
15. Armónicos de Tensión: AC y DC.
16. Protecciones: AC y DC. Impacto de fallas.
17. Implementación de servicios complementarios para la red y su mercado.
18. Soluciones con cable aislado.
19. Control de enlaces HVDC en redes multiterminales.
20. Recomendaciones para selección o descarte del tipo de tecnología y enlace a usar con una mirada desde lo técnico, económico y ambiental.
21. Análisis de madurez y confiabilidad de cada tecnología HVDC (LCC vs. VSC). Vida útil esperada.
22. Actualización de currículos en universidades.
23. Impactos de sistemas HVDC en cuanto a normatividad y regulación.

Entregables:

- Reporte Técnico consolidado con recomendaciones.
- Artículo Técnico – Seminario Cigre.
- Tutorial.
- Webinar.
- Otro:

Tiempo de Trabajo: Inicio: Agosto, 2020

Entregable Final: Noviembre, 2021

Aprobación por el Responsable Consejo Técnico:

Fecha:

1. <https://www.tdworld.com/digital-innovations/hvdc/article/20970224/a-short-history-the-voltage-source-converter>