

HYOSUNG HEAVY INDUSTRIES  
**REVISTA DE TECNOLOGÍA  
DE POTENCIA**

2024 VOL.4



REVISTA DE TECNOLOGÍA DE POTENCIA

2024 VOL.4

HYOSUNG HEAVY INDUSTRIES

**HYOSUNG**  
HEAVY INDUSTRIES

## Índice

- 3 **Prefacio**  
Vicepresidente Ejecutivo Takeshi Yokota
- 
- 4 **Hyosung Heavy Industries está preparada para la oportunidad**  
La tecnología de transformadores de potencia se ha convertido en una cabeza de puente para el rendimiento de Europa
- 
- 8 **El primer GIS de 72.5kV de Corea cumple con GWP 0**  
El primer desarrollo en la nación de un GIS de 72.5kV diseñado para la energía eólica marina con GWP 0 aplicando VI + Aire Seco
- 
- 10 **El DAIS de Hyosung Heavy Industries Reduce los Gases de Efecto Invernadero para un Planeta Sostenible**  
GIS de Media Tensión con Solución sin SF<sub>6</sub>
- 
- 12 **Tecnología de Transmisión de Corriente Directa de Alta Tensión (HVDC) para la Estabilización del Suministro Eléctrico e Integración de Fuentes de Energía Renovable**  
Primer HVDC producido localmente en Corea - Yangju 200MW BTB VSC HVDC
- 
- 16 **Hybrid STATCOM: Mejorando la Integración de Energías Renovables en Sistemas Eléctricos**  
Solución Multifuncional (Potencia Reactiva + Inercia) que Combina Condensadores Sincrónicos y STATCOM
- 
- 18 **Tendencias Emergentes en ESS: ‘Soluciones de Larga Duración y Baterías de Flujo’**  
Un sistema de operación de larga duración que permite el uso de electricidad solar durante toda la noche
- 
- 22 **Proyecto de Actualización de Subestación de AIS a GIS en Chile**  
Propuesta de Solución GIS en el Mercado AIS
- 
- 24 **Cadena de suministro de equipos de energía con fiabilidad para la era de la energía eólica marina**  
Soluciones de Energía Eólica Marina de Hyosung Heavy Industries
- 
- 28 **Construcción de un Sistema Inteligente de Inspección de Calidad a través de la Introducción y Utilización de la Realidad Aumentada (Sistemas de Inspección Visual Basados en AR)**  
Mejorando la Calidad y Maximizando la Eficiencia de Producción con Equipos de Próxima Generación

## Prefacio

Hoy, hemos lanzado la cuarta edición de “Power Technology” Magazine, de Hyosung Heavy Industries. Cada año, presentamos a nuestros valiosos clientes las soluciones de Hyosung que marcan las tendencias del mercado eléctrico a través de esta revista.

En todo el mundo, la IA está captando la atención de las personas. En comparación con el procesamiento digital del pasado, los centros de datos de la IA requieren casi 4-5 veces más consumo de energía eléctrica. En este sentido, debido a la transformación digital que utiliza la inteligencia artificial (IA), se espera que el consumo de energía, que ha ido aumentando gradualmente en medio de las tendencias de conservación de energía y urbanización, se incremente en el futuro, especialmente en los países desarrollados.

En cuanto a la infraestructura eléctrica, se necesita una cantidad considerable de tiempo para prepararla y construirla. Hasta hace poco, el establecimiento de infraestructuras solo había atraído la atención del personal relevante de la industria. Sin embargo, a medida que la demanda de consumo eléctrico se ha incrementado y se ha convertido en un problema a nivel mundial, está aumentando el interés social en la necesidad de construir esta infraestructura. Hasta la fecha, la transición energética hacia las energías renovables ha estado en el centro de las tendencias como un método crucial para lograr la neutralidad del carbono. No obstante, la suplementación de la red basada en energía eléctrica se está convirtiendo ahora en un tema muy imperativo en todo el mundo.

Como una historia viva de la industria eléctrica pesada en la península de Corea, Hyosung Heavy Industries ha estado preparándose para responder a esta situación de mercado durante mucho tiempo, invirtiendo en Investigación y Desarrollo (I+D) y fomentando mejoras en las capacidades de fabricación globalizadas de instalaciones de T&D (Transmisión y Distribución). Nuestros clientes en todo el mundo se enfrentan a la tarea de operar redes de manera estable en medio de un aumento sin precedentes en los recursos de energía renovable y cambios en el consumo de energía eléctrica. En este sentido, hemos brindado activamente apoyo para impulsar la estabilidad y el fortalecimiento de las redes, satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes.

Nuestra empresa ha suministrado una gama de productos en el sector empresarial, tales como sistemas de almacenamiento de energía (ESS), compensadores de potencia reactiva (STATCOM), sistemas de transmisión y distribución en corriente continua (HVDC/MVDC/LVDC), y gestión de activos eléctricos basada en TI (Tecnologías de la Información) (ARMOUR) para satisfacer las demandas de los clientes, basándonos en las diversas nuevas tecnologías de la empresa a medida que el entorno industrial continúa avanzando. En consecuencia, pondremos nuestro mayor esfuerzo en fomentar la innovación en los sistemas de operación de energía de nuestros clientes a través de diversas soluciones de ingeniería, valorando siempre la consecución de una mayor satisfacción del cliente.

Además, la mayor fortaleza de nuestra empresa es nuestro ADN de satisfacer las necesidades de los clientes, al centrarnos en la VOC (Voz del Cliente). Así, estamos estableciendo confianza mutua y colaborando con compañías eléctricas en las principales naciones del mundo, basándonos en la calidad de los productos de la empresa y su competitividad técnica.

Para mantener una comunicación cercana con los clientes y mejorar nuestra capacidad de respuesta en las áreas locales, haremos todo lo posible para enfrentar los cambios ambientales externos de manera flexible, y comprometernos con los clientes considerando sus perspectivas. Esto se logrará expandiendo los grupos de trabajo localizados en nuestras diferentes bases de fabricación en Estados Unidos, China, India y otras áreas regionales. En los próximos días, avanzaremos para aprovechar nuevas oportunidades con nuestros clientes y nos esforzaremos por ser un socio auténtico para nuestros clientes, priorizando su satisfacción a través de la innovación continua.

Hyosung Heavy Industries Co. Ltd.

Vicepresidente Ejecutivo

Takeshi Yokota



# Hyosung Heavy Industries está preparada para la oportunidad

La tecnología de transformadores de potencia se ha convertido en una cabeza de puente para el rendimiento de Europa

Tras la crisis del COVID-19 en Europa, se desarrolló una situación de mercado en la que la demanda de equipos eléctricos aumentó rápidamente, debido a la recuperación del mercado eléctrico y la expansión de la generación de energía renovable coincidió con la crisis de Ucrania, lo que provocó una grave escasez de suministro de transformadores de potencia. Para resolver este problema, los clientes europeos recurrieron a otras regiones, y fue una oportunidad para cambiar su perspectiva sobre la compra de transformadores de potencia en Europa. Están comenzando a surgir oportunidades para los fabricantes no europeos que puedan cumplir con los estándares técnicos de los clientes europeos, y la tecnología de diseño y fabricación de transformadores de potencia de nivel mundial de Hyosung Heavy Industries, combinada con una respuesta flexible al cliente, son excelentes méritos para que los clientes europeos acudan a nosotros con más oportunidades.

## | Desarrollo de Transformadores con Aceite Aislante Ecológico |

Debido a las regulaciones globales sobre gases de efecto invernadero, la demanda de diseños ecológicos en la industria de transformadores ha crecido dramáticamente. Europa necesita transformadores con aceite aislante ecológico debido a problemas ambientales, y transformadores de potencia con capacidades autóctonas de extinción, debido a los riesgos identificados a través de la guerra Rusia-Ucrania. Hyosung Heavy Industries ya ha asegurado la tecnología para transformadores con aceite aislante ecológico desde 2015, y ha asegurado un extenso historial desde entonces. En 2022, desarrollamos transformadores con aceite aislante ecológico de 400kV por primera vez en Corea. Hyosung Heavy Industries ha completado rigurosas evaluaciones de varios aceites y ha asegurado las características de los productos de diferentes empresas de aceites aislantes ecológicos. Hemos sentado las bases para ofrecer a los clientes una variedad de opciones de aceite aislante ecológico.

## | Técnicas de Análisis A Prueba de Explosiones |

Se aplican varias medidas a los transformadores de potencia de Hyo-



Figura 1 | El primer transformador coreano de 400kV con aceite aislante ecológico



ung para garantizar una calidad superior. Sin embargo, debido a la especial atención requerida para la seguridad y el medio ambiente en el mercado europeo, en caso de un accidente, debe haber al menos un Plan B y un Plan C para minimizar sus riesgos. Una de estas es la tecnología a prueba de explosiones. Debido a fallos internos, se producen fugas debido a daños externos en caso de una explosión de arco dentro del transformador, lo que puede causar incendios y explosiones secundarias, que pueden ser una causa importante de contaminación ambiental. Hyosung Heavy Industries está entregando productos que cumplen con las restricciones de transporte europeas, al mejorar la precisión de la tecnología de diseño a prueba de explosiones dinámicas, así como la interpretación estática para garantizar la estabilidad mediante la verificación de vulnerabilidades en los tanques de los transformadores, y prevenir el sobrediseño de las carcasas. Además, se están llevando a cabo pruebas de demostración en tanques de transformadores para aceite mineral y aceite aislante ecológico, lo que garantizará la fiabilidad del diseño a prueba de explosiones y la verificación de la tecnología de análisis de nuestros productos. Nuestro objetivo final es garantizar la estabilidad a prueba de explosiones, tanto de los transformadores de aceite mineral tradicional como de los transformadores con aceite aislante ecológico, ofreciendo productos que satisfagan las necesidades de nuestros clientes.

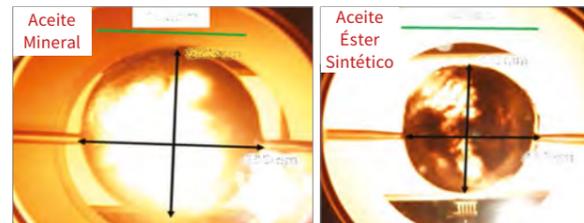


Figura 2 | Prueba a prueba de explosiones, Determinación del tamaño de las burbujas para cada tipo de energía, según el aceite mineral y aceite aislante ecológico

## | Una Variedad de Tecnologías de Bajo Ruido |

A diferencia de los EE.UU, Medio Oriente y Australia, donde el espacio es relativamente abundante, Europa es sensible al ruido porque muchas centrales eléctricas y subestaciones están ubicadas cerca de áreas urbanas.

En Europa, existe una tendencia creciente a restringir los niveles de ruido de los transformadores a valores garantizados, mediante la realización de evaluaciones de impacto ambiental al diseñar subestaciones.

En lugar de depender de tecnologías pasivas de reducción de ruido, como los métodos convencionales de limitar la densidad del flujo en el núcleo y utilizar estructuras de tanques de doble pared para bloquear el ruido, Hyosung Heavy Industries aseguró la tecnología de diseño de transformadores de bajo ruido mediante el control activo de las fuentes de ruido, como el análisis de la vibración del núcleo interno, la estructura de las bobinas y el tanque externo del transformador de potencia, reforzando la estructura o aislando la vibración. Además, recientemente se desarrolló un transformador con una estructura de sala insonorizada para asegurar que la tecnología responda a especificaciones por debajo de 45dB para una subestación en Japón.



Figura 4 | Prueba de la Estructura de la sala Insonorizada

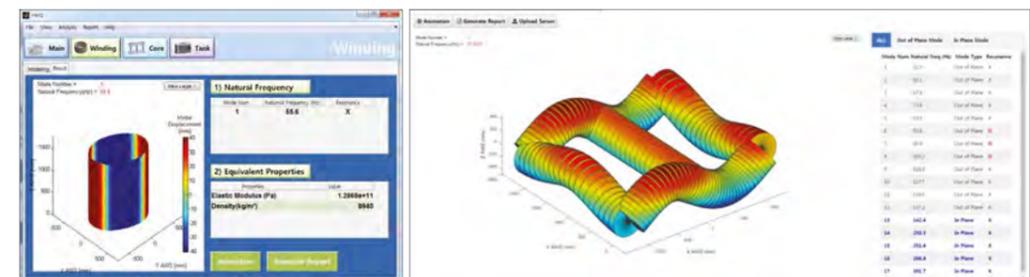


Figura 3 | Diseño de Evitación de Resonancias con Predicción de Frecuencia Natural

### | Fiabilidad de la Tecnología de Análisis de Corrientes Inducidas Geomagnéticamente (GIC) |

La red eléctrica en el norte de Europa, que está cerca de la región polar, se ve muy afectada por la Corriente Inducida Geomagnéticamente, que ingresa en el transformador conectado a la red eléctrica, causando problemas en la calidad de la red y en la integridad del propio transformador. En particular, el flujo magnético filtrado por el fenómeno de saturación del núcleo, ingresa en la estructura de hierro cercana al mismo, causando sobrecalentamiento. Esto genera disipación interna y gases combustibles, causando daños graves al transformador.

Al asegurar la tecnología de interpretación basada en circuitos magnéticos equivalentes, Hyosung Heavy Industries está llevando a cabo una evaluación del estado del núcleo, los devanados y las estructuras de hierro del transformador, según la especificación GIC de cada cliente. La fiabilidad de nuestra tecnología de análisis ha sido verificada mediante pruebas de demostración de entrada de corriente continua, utilizando transformadores de prueba.



Figura 5 | Prueba Simulada GIC

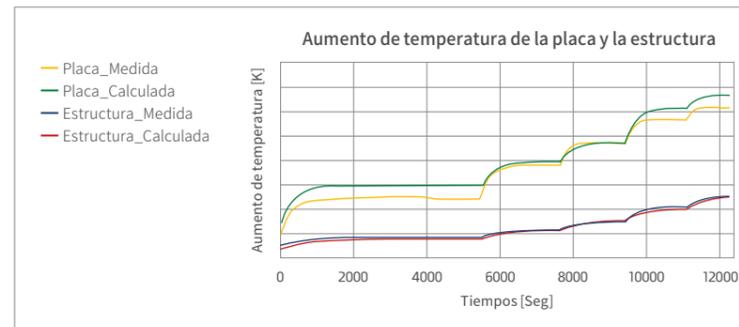


Figura 6 | Análisis de Impacto de Temperatura GIC y Comparación de Resultados de Medición



Figura 7 | Autotransformador de Noruega

### | Tecnología y Rendimiento del VSR (Reactor de Derivación Variable) |

Europa está viendo un aumento en la demanda de generación de energía renovable, y el Reino Unido, líder en el mercado europeo, tiene como objetivo expandir su capacidad de energía eólica marina a 50GW para 2030. Con esto, se espera que aumente la demanda de reactores de derivación variables, que puedan compensar eficazmente la potencia reactiva. El Reactor de Derivación Variable (VSR) puede ajustar automáticamente la potencia reactiva en sistemas de generación de energía renovable, con producción de energía irregular y líneas de transmisión donde el consumo de potencia reactiva fluctúa debido a cambios en las condiciones de carga, para mantener constante el nivel de voltaje del sistema eléctrico.

Es posible minimizar el estrés durante la conmutación de los interruptores automáticos y compensar la potencia reactiva de manera escalonada, mejorando así la fiabilidad del sistema, y reduciendo las tasas de fallos de los dispositivos. Hyosung Heavy Industries ha desarrollado, entregado y operado un reactor variable estándar de 345kV por primera vez en Corea, y continúa discutiendo negocios relacionados con clientes europeos, con confianza en la tecnología de diseño de VSR basada en su historial de suministro de VSRs de alta calidad y bajo ruido a Estados Unidos, Australia y Arabia Saudita.



Figura 9 | VSR con OLTC

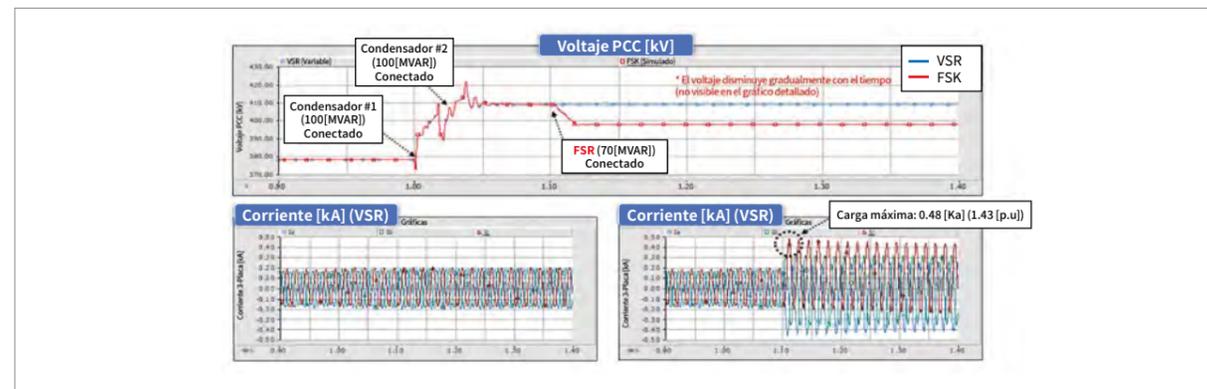


Figura 8 | Análisis del Sistema FSR & VSR

### | Tecnología y Rendimiento del PST (Transformador de Desplazamiento de Fase) |

El PST es un transformador que se conecta en serie a una línea de transmisión, para controlar la potencia activa (flujo de potencia) que fluye a través de la línea, ajustando la fase de voltaje en ambos extremos.

A medida que aumentan las instalaciones de generación de energía que utilizan fuentes de energía renovable altamente volátiles, como la eólica y la solar, y aumenta la demanda de potencia para cargas descentralizadas como la carga de vehículos eléctricos, también aumenta la volatilidad de la transmisión de energía, y la demanda de PSTs para controlarla está en aumento.

Económicamente, el PST tiene una ventaja en proporcionar estabilidad y eficiencia en la operación de la red de transmisión de energía, ya que requiere un espacio de instalación menor y tiene una estructura más simple que otras instalaciones, como el HVDC, que pueden controlar el flujo de potencia.

Hyosung Heavy Industries ha entregado un PST de 330kV al mercado australiano, y está cooperando con los clientes desde la etapa de revisión de la introducción del PST en relación con su aplicación en los mercados europeos, así como en las Américas y Oriente Medio.



Figura 10 | Transformador de Desplazamiento de Fase de 330kV

### | Transformadores con Estructuras Externas Críticas para la Seguridad y Funciones Universales |

En el caso de los clientes europeos, desean garantizar un acceso seguro a diversas estructuras, especialmente a través de plataformas o escaleras, para operar y mantener transformadores de potencia tan grandes como estructuras de edificios en el sitio. Hyosung Heavy Industries ya cuenta con un historial de entrega de transformadores de potencia en formas de estructuras de edificios, a petición de ciertos clientes en el Reino Unido y Francia, y está satisfaciendo las necesidades de los clientes, cumpliendo así con las normas de seguridad para estructuras relacionadas. Además, debido a las características de Europa, donde el consumo de energía fluctúa, a veces se resuelve moviendo los transformadores.

Actualmente, la satisfacción del cliente aumenta al responder de manera flexible a los requisitos especiales del cliente a través de un diseño que permite que la estructura de funciones universales se adapte a todas las partes de diferentes voltajes, diferentes conexiones de sistemas eléctricos, y diferentes estructuras de ubicaciones de instalación.



Figura 11 | Estructura de Seguridad



Figura 12 | Instalación de cambios de voltaje y estructura según las condiciones del sitio



**Euijin Hong**  
Líder de Rendimiento  
Gerente del Equipo de Diseño de Ingeniería de Proyectos de Transformadores de Energía

Hyosung Heavy Industries ya ha asegurado varias tecnologías de diseño en el campo de los transformadores de potencia, y tiene un historial de producción y entrega de productos utilizando estas tecnologías, basándose en los datos obtenidos a través de pruebas reales para el desarrollo.

Estamos discutiendo varios tipos y diseños de transformadores con clientes europeos. La confianza de los clientes europeos en nuestras tecnologías más avanzadas se manifiesta en el número de pedidos a nuestra fábrica de Changwon por parte de clientes europeos, que ha ido en aumento constante desde 2022.

A través de nuestra experiencia en nuevos mercados europeos, esperamos seguir desarrollando nuestra tecnología y continuar la comunicación con nuestros clientes, para establecer nuestra posición como el principal proveedor de transformadores de potencia en Europa.

# El primer GIS de 72.5kV de Corea cumple con GWP 0

El primer desarrollo en la nación de un GIS de 72.5kV diseñado para la energía eólica marina con GWP 0 aplicando VI + Aire Seco

Para responder a la crisis del calentamiento global en todo el mundo, se están implementando diversas políticas para lograr la neutralidad de carbono. Corea, la UE y los EE.UU. están eliminando gradualmente los productos con SF<sub>6</sub> y exigen GIS ecológicos sin SF<sub>6</sub> y con bajo GWP. Además, a medida que aumenta la proporción de generación de energía renovable, la capacidad de generación de energía está aumentando para mejorar la viabilidad económica de la generación de energía eólica, y están evolucionando los requisitos de GIS para la operación estable y la protección de las torres eólicas y los sistemas relacionados, para subestaciones en alta mar y en tierra.

Dado que la industria de generación de energía eólica se clasifica como de Alta Tensión, los productos GIS con un voltaje nominal de 72.5kV o superior están emergiendo como un nuevo mercado. Para responder a estas cambiantes demandas del mercado, Hyosung Heavy Industries ha introducido el primer GIS ecológico de 72.5kV con GWP 0 de Corea.

\* GWP (Potencial de Calentamiento Global): Un valor que indexa el impacto del calentamiento global de los gases de efecto invernadero basado en la contribución del CO<sub>2</sub> al calentamiento global (GWP del CO<sub>2</sub> = 1)

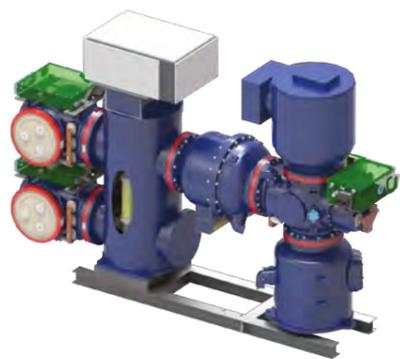


Figura 1 | Diseño de 1 Bahía para subestación



Figura 2 | Diseño de 1 Bahía para Turbina Eólica

## El Primer GIS Ecológico de 72.5kV de Corea Cumple con GWP 0 |

La industria del GIS ha utilizado generalmente gas SF<sub>6</sub>, que tiene un excelente rendimiento en aislamiento y corte. Sin embargo, el gas SF<sub>6</sub> es uno de los seis principales gases de efecto invernadero y es un gas regulado con un GWP de aproximadamente 23.500. El mercado que requiere GIS con un bajo valor de GWP está en expansión, y Hyosung Heavy Industries ha desarrollado el primer GIS ecológico de 72.5kV de Corea que cumple con GWP 0 al aplicar VI (Interruptor al Vacío) y Aire Seco. El Aire Seco consiste únicamente de N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, por lo que es un gas alternativo ecológico representativo con un GWP de 0. Sin embargo, el menor rendimiento en corte y aislamiento en comparación con el gas SF<sub>6</sub> dificulta asegurar el rendimiento de corte con un método general de inyección de gas. Por lo tanto, se aplicó VI (Interruptor al Vacío) utilizando las características del vacío.

El VI es un interruptor que se utiliza principalmente para rangos de voltaje por debajo de 36kV, pero ha estado expandiéndose hasta rangos de alta tensión debido a los problemas de calentamiento global. Hyosung Heavy Industries desarrolló el VI de 72.5kV con su propia tecnología mediante simulaciones de rendimiento de aislamiento, conducción y corte, y pruebas reales utilizando laboratorios de prueba internos y externos, y este VI de 72.5kV ha confirmado una durabilidad de más de 30,000 operaciones. También satisface la Clase E2 para una mayor durabilidad eléctrica que no requiere mantenimiento de las partes de interrupción durante 30 años. El Aire Seco tiene un menor rendimiento en corte y aislamiento que el SF<sub>6</sub>, por lo que pudimos asegurar un rendimiento que cumple con los estándares al intentar varias mejoras en los Seccionadores y Conmutadores de Tierra con funciones de conmutación entre los componentes del GIS.

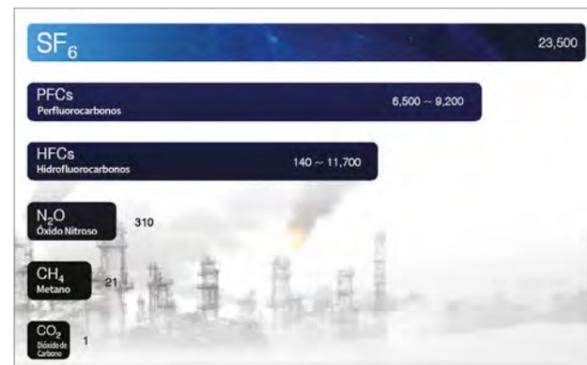


Figura 3 | El SF<sub>6</sub> es el Gas de Efecto Invernadero Más Potente del Mundo

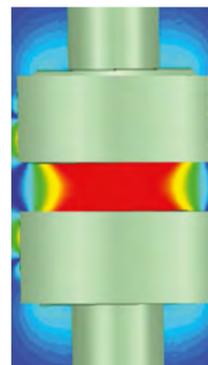


Figura 4 | Simulación de Densidad de Flujo Magnético entre Polos de VI

## GIS de 72.5kV Diseñado para Plantas Eólicas Marinas |

Se tomaron en consideración las condiciones de uso en un entorno marino al desarrollar el producto, tales como la corrosión causada por el daño salino, la vibración y los golpes, teniendo en cuenta la operación y el transporte marítimos, y la confirmación de la idoneidad mediante pruebas de evaluación de rendimiento en entornos adversos, en comparación con las condiciones de operación e instalación en tierra. Además, las pruebas de vibración son una prueba de las condiciones de operación y transporte para equipos marinos y piezas mecánicas. Llevamos a cabo y completamos con éxito pruebas en condiciones más rigurosas que las de las Categorías 1 y 2, que son las condiciones especificadas en la norma IEC.



Figura 5 | Prueba de vibración

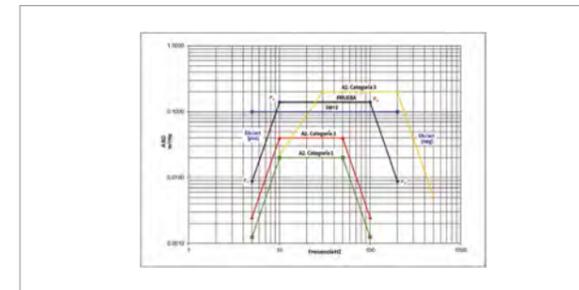


Figura 6 | Condición de Prueba

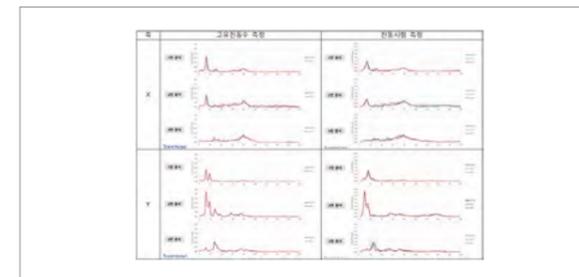


Figura 7 | Gráfico de Medición de la Frecuencia Resonante

La GIS consta de un interruptor automático, seccionador, conmutador de tierra, barra, transformador de corriente, transformador de tensión, cabezal de cable y otros componentes, según la función requerida. La GIS ecológica de 72,5kV de Hyosung Heavy Industries se desarrolló utilizando un método modular de GIS y puede aplicarse de manera flexible para configurar diseños que satisfagan diversas necesidades de los clientes.



Tensión Nominal [kV]	72.5
Configuración de Fase	Común de 3 Fases
Frecuencia [Hz]	50/60Hz
Duración de Resistencia a Cortocircuito [s]	3
Tipo de Mecanismo de CB	Resorte
Nivel de Impulso Básico [kVp]	325
Medio de Aislamiento	VI+Aire Seco
Norma Aplicada	IEC/IEEE

Figura 8 | Especificación de GIS Ecológica de 72.5kV

En el caso de las subestaciones GIS, la forma de configuración general del diagrama unilineal (SLD) está estandarizada; sin embargo, las torres eólicas GIS requieren otras formas de configuración porque reciben energía a través de cables desde la turbina montada en la parte superior de la torre, que luego pasan por el sistema de protección GIS, y nuevamente a través de los cables hacia los generadores eólicos adyacentes o subestaciones en alta mar y en tierra. Hyosung Heavy Industries tomó esto en consideración al planificar el desarrollo de un producto GIS ecológico de 72,5kV, seleccionó el concepto del producto como una GIS de combinación modular funcional, y completó el desarrollo. Gracias a la planificación de I+D (R&D), puede aplicarse no solo al diagrama unilineal de las torres eólicas, sino también a las subestaciones en alta mar y en tierra relacionadas con la generación de energía eólica.



**Seungwan Son**  
Líder de Rendimiento  
Gerente del Equipo de I+D de Interruptores de Alta Tensión



**Jongho Kim**  
Gerente de Rendimiento  
Equipo de I+D de Interruptores de Alta Tensión

Para satisfacer las necesidades del cambiante mercado de equipos eléctricos debido al calentamiento global, Hyosung Heavy Industries ha desarrollado una GIS ecológica de 72,5kV con GWP 0 que puede aplicarse a GIS ecológicas y torres de energía eólica en alta mar y subestaciones conectadas. La GIS ecológica de 72,5kV desarrollada a través de tecnología propia puede contribuir al desarrollo de equipos eléctricos adecuados para el mercado eólico coreano, y también puede aplicarse a mercados globales como los EE.UU. y Europa, con certificaciones de productos que cumplan con todas las normas IEC/IEEE. Basándonos en este desarrollo, hemos ganado un pedido para un proyecto piloto en Europa, y planeamos continuar expandiendo y distribuyendo GIS ecológicas en el mercado global para participar en la protección del medio ambiente global. Ya contamos con una GIS ecológica de 170kV 50kA, y se está aplicando a la red eléctrica coreana, contribuyendo a los esfuerzos para lograr la neutralidad de carbono. Hyosung Heavy Industries continúa investigando tecnología fundamental y realizando pruebas de rendimiento para desarrollar productos ecológicos, y está llevando a cabo investigación y desarrollo para suministrar GIS sin SF<sub>6</sub> a todos los sistemas eléctricos.

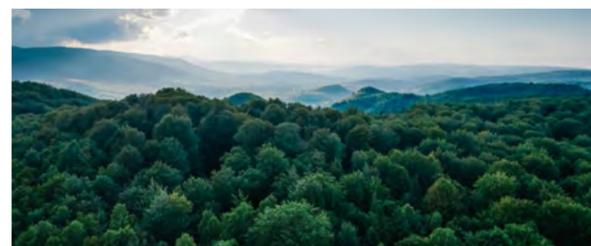
# El DAIS de Hyosung Heavy Industries Reduce los Gases de Efecto Invernadero para un Planeta Sostenible

## GIS de Media Tensión con Solución sin SF<sub>6</sub>

Los productos GIS de Media Tensión (MV GIS) están evolucionando rápidamente para satisfacer las demandas de un entorno industrial cambiante y el rápido crecimiento de la demanda de tecnologías ecológicas. Hyosung Heavy Industries se dedica al desarrollo de productos innovadores para lograr cero emisiones de carbono y promover la tecnología verde. Hemos desarrollado y suministrado a los clientes una GIS de Media Tensión ecológica utilizando tecnología sin SF<sub>6</sub>, que reemplaza el SF<sub>6</sub>, el material aislante existente, por Aire Seco, que tiene un GWP de "0". El Interruptor Aislado con Aire Seco (DAIS), el producto GIS de Mediana Tensión ecológico de Hyosung Heavy Industries, ofrece la solución óptima para satisfacer diversas necesidades de los clientes a través de un diseño personalizado. Además, contamos con el nivel más alto de competitividad tecnológica en el mundo, al desarrollar productos DAIS con diversas clasificaciones y productos, con una capacidad máxima de 38kV 40kA 3150A.

### | Esfuerzos de Hyosung Heavy Industries para Reducir la Huella de Carbono |

El gas SF<sub>6</sub>, un medio de aislamiento generalmente aplicado en GIS de Mediana Tensión, es uno de los gases de efecto invernadero más fuertes, con un índice de GWP de aproximadamente 23.900 (GWP de CO<sub>2</sub>=1). A medida que se están llevando a cabo actividades de reducción de gases de efecto invernadero en todo el mundo, es probable que las instalaciones eléctricas que utilizan gas SF<sub>6</sub> sean restringidas en el futuro. El Aire Seco, el material aislante óptimo para reemplazar el gas SF<sub>6</sub> en el campo de GIS de Media Tensión, presenta dificultades para el diseño compacto, ya que solo tiene el 30-40% de las características de aislamiento y el 60-70% de las características de radiación térmica en comparación con el gas SF<sub>6</sub>. Sin embargo, Hyosung Heavy Industries está haciendo esfuerzos para aplicar tecnología ecológica al sector de equipos eléctricos, que es el núcleo de la descarbonización. Hyosung Heavy Industries contribuyó a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, desarrollando de manera independiente el DAIS, que reemplazó el gas SF<sub>6</sub> tradicional con Aire Seco ecológico. Los esfuerzos de Hyosung Heavy Industries para reducir la huella de carbono están dando frutos a medida que el suministro de GIS de Mediana Tensión, que aplica gas ecológico con GWP '0', se expande gradualmente para superar la crisis del cambio climático.



### | Desarrollo de GIS Ecológica de Media Tensión |

Hyosung Heavy Industries ha establecido criterios de diseño óptimos para los productos DAIS al realizar numerosas pruebas y análisis sobre las características dieléctricas y de radiación térmica del gas bajo diferentes presiones, para aplicar aire seco a la GIS de Media Tensión. Como resultado, logramos desarrollar productos DAIS de Media Tensión con un tamaño y rendimiento similares a las GIS de Media Tensión convencionales de gas SF<sub>6</sub>, utilizando aire seco ecológico al aplicar tecnología de diseño de aislamiento óptima. Desde 2013, cuando Hyosung Heavy Industries desarrolló los primeros productos DAIS (25.8kV 25kA) en Corea, hemos entregado más de 1,000 bahías a Korea Electric Power Corporation (KEPCO), que requiere alta fiabilidad y seguridad. Basándonos en esta tecnología, logramos otro hito al desarrollar el primer producto del mundo con capacidad máxima, utilizando Aire Seco como medio de aislamiento en 2021: el DAIS de 38kV 40kA 3150A.

Modelo	D242	D252	D272	D384
Medio de Aislamiento	Aire Seco (GWP=0) & VI			
Tensión Nominal [kV]	24	25.8	27	38
Corriente Nominal (A)	Hasta 1250	Hasta 2000	Hasta 2000	Hasta 3150
Corriente de Cortocircuito Nominal (kA)	25	25	25	40
Presión del Gas (MPa)	0.1	0.2	0.13	0.17

Tabla 1 | Línea de Productos GIS de Media Tensión Ecológicas de Hyosung Heavy Industries (Serie Pro D)



Figura 1 | Producto DAIS Instalado

### GIS de Media Tensión Ecológica y Confiable de Hyosung Heavy Industries



Hyosung Heavy Industries, que ha sido verificada en cuanto a fiabilidad, estabilidad y operabilidad a través de normas internacionales, siempre proporciona soluciones óptimas para la seguridad del cliente y la protección del medio ambiente.

### DAIS Ecológico de la A a la Z

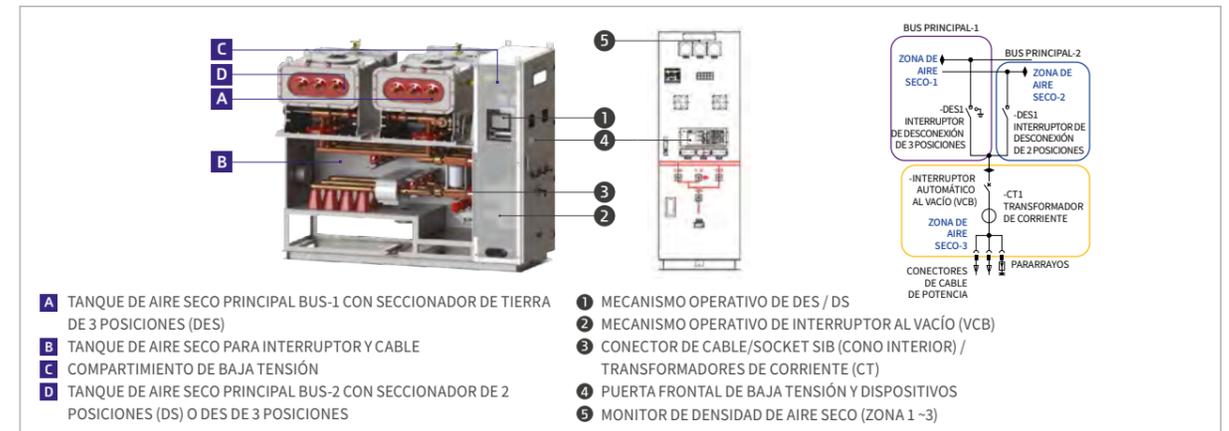
#### Cuatro Fortalezas de DAIS



El Interruptor Aislado con Aire Seco (DAIS) fue desarrollado para tener un tamaño compacto, así como un excelente rendimiento comparable a la GIS de gas SF<sub>6</sub>.

Figura 2 | Ventajas de la GIS Ecológica de Media Tensión de Hyosung Heavy Industries

### | Características de la GIS de Media Tensión Ecológica |



La GIS de Media Tensión ecológica de Hyosung Heavy Industries ofrece a los clientes soluciones óptimas que pueden satisfacer diversos requisitos. Proporcionamos soluciones personalizadas para cumplir con el rendimiento y la estructura de diversos requisitos técnicos, incluyendo el mantenimiento enfocado en la seguridad y la aplicación de interruptores VCB que pueden ser removibles, y ofrecemos diseños optimizados de manera individual para cada sistema de subestación. Basándonos en años de experiencia en diseño y conocimiento técnico, los productos GIS de Media Tensión ecológicos de Hyosung Heavy Industries ofrecen las siguientes ventajas:

- ① **Certificación de producto a través del Short-circuit Testing Liaison (STL)**  
Hemos completado el desarrollo de productos para cumplir con las especificaciones de los clientes bajo normas internacionales (IEC & IEEE/ANSI).
- ② **Diseño y certificación de Arco Interno**  
Utilizando tecnología de simulación de arcos interna, se derivó el flujo óptimo de arco para cada componente y se realizó el diseño óptimo basado en los resultados obtenidos al analizar la presión de liberación del arco, completándose la verificación de rendimiento según normas internacionales.  
- IEC 622271-200: Máx. AFLR 40kA 1s  
- IEEE C37.20.7: Máx. Tipo 2B 40kA 1s
- ③ **Aplicación de materiales de aislamiento de alto rendimiento**  
Gracias al uso de materiales de aislamiento con excelentes propiedades electroquímicas, como alta resistencia a la trazabilidad y alta temperatura de transición vítrea (T<sub>g</sub> de 120°C o superior), el rendimiento del producto no se deteriora incluso después de un uso prolongado.
- ④ **Interruptor Automático de Vacío (VCB) de Alto Rendimiento Confiable.**  
Se pueden seleccionar libremente mecanismos de resorte o de actuador de imán permanente (PMA), y se pueden proporcionar VCBs de alto rendimiento que cumplan con E2, M2 y C2.
- ⑤ **Carcasa de Tipo Modular y de Cubículo.**  
El diseño modular de cada componente de gas puede limitar la propagación de las áreas afectadas por accidentes, y permitir un reemplazo rápido de las partes afectadas. El mantenimiento conveniente es posible mediante la aplicación de VCB extraíbles.
- ⑥ **Provisión de soluciones que pueden cumplir con los diversos requisitos de los clientes.**  
Se pueden aplicar diversas funciones, como un sistema de diagnóstico preventivo con un sensor de detección de descargas parciales, un sistema de enclavamiento para evitar el mal funcionamiento del mecanismo (VBC/DES), y un sistema de cámara de ventana gráfica para verificar la condición y ubicación del mecanismo DES. DES mechanism.



**Yoonki Jang, Gerente de Rendimiento**  
Equipo de I+D de Paneles Eléctricos



**Seungchan Lee Gerente de Rendimiento**  
Equipo de I+D de Paneles Eléctricos

DAIS, el producto GIS de Media Tensión ecológico de Hyosung Heavy Industries, es reconocido por su calidad, ya que se suministra a varios lugares, incluido el mercado de servicios públicos nacional, donde se requiere una mayor fiabilidad y seguridad. El producto DAIS de tamaño compacto, desarrollado reflejando las opiniones de los clientes y los continuos esfuerzos de I+D, ha obtenido la certificación de normas internacionales (IEC, IECC, etc.). Como resultado, los productos DAIS que reflejan nuestros esfuerzos por priorizar la seguridad del cliente y los diversos requisitos técnicos de nuestros clientes, proporcionan el mejor valor a nuestros clientes. Hyosung Heavy Industries continuará proporcionando la mejor solución para lograr tanto el avance tecnológico como la preservación del medio ambiente, de modo que la tecnología que enriquece la vida no devaste nuestro hogar, la Tierra.

# Tecnología de Transmisión de Corriente Directa de Alta Tensión (HVDC) para la Estabilización del Suministro Eléctrico e Integración de Fuentes de Energía Renovable

Primer HVDC producido localmente en Corea - Yangju 200MW BTB VSC HVDC

El sistema HVDC (Corriente Directa de Alta Tensión, para voltajes superiores a 100kV) es un sistema de transmisión de energía que convierte la corriente alterna en corriente continua para una transmisión de energía eficiente y segura.

A pesar del alto costo de inversión, el HVDC tiene la ventaja significativa de reducir las pérdidas de transmisión a largas distancias en comparación con la transmisión en corriente alterna, así como de reducir el área y el número de torres de transmisión y estar libre de ondas electromagnéticas, lo que amplía la aceptación comunitaria de esta tecnología.

La demanda de transmisión a gran escala y larga distancia ha aumentado recientemente debido a la conexión entre fuentes de energía renovable remotas y áreas de alta demanda. Además, existe la necesidad de conexiones de red entre países para lograr la neutralidad de carbono para 2050. En este contexto, la introducción del HVDC se ha vuelto indispensable para abordar la inestabilidad de los sistemas de corriente alterna existentes y facilitar una operación proactiva del sistema de transmisión.



## Mercado del HVDC y Tendencias de Desarrollo |

Para satisfacer las demandas energéticas impulsadas por la electrificación del uso final, y el desarrollo económico en los países emergentes, se espera que la generación de energía global anual se duplique más de 27,000TWh en 2020 a 70,000TWh para 2050.

De manera notable, se espera que la contribución de las fuentes de energía renovable aumente del 22% de la generación total de energía a cerca del 72% para 2040. (<https://eneroutlook.enerdata.net/>)

Para una producción, transmisión y distribución de energía eficientes, son necesarias grandes inversiones financieras y un desarrollo continuo de la infraestructura de la red eléctrica. La transmisión eficiente de energía a larga distancia y gran volumen es crucial, especialmente porque las principales plantas de energía están ubicadas lejos de las áreas de alta demanda. Además, la variabilidad de la producción de la mayoría de las fuentes de energía renovable es alta en comparación con las plantas de energía convencionales. Esto requiere el papel del equipo de transmisión para regular la producción de las estaciones de energía. Además, la interconexión de los mercados eléctricos regionales y nacionales está

aumentando la importancia de la seguridad energética, y facilita un acceso más amplio a la energía limpia y asequible para todos.

Si bien, tanto los enlaces HVAC como HVDC, pueden utilizarse para la transmisión e interconexión de energía a gran escala, la eficiencia de las conexiones de larga distancia, la capacidad de control proactivo y la seguridad energética hacen que el HVDC sea superior al HVAC, lo que lleva a la expansión del mercado HVDC. Desde la primera operación comercial de HVDC en 1954, se han construido aproximadamente 170 proyectos con una capacidad de más de 300GW y todavía están en funcionamiento. Se proyecta que el mercado de HVDC crecerá de \$12 mil millones en 2023 a \$19 mil millones en 2030, reflejando una tasa de crecimiento del 6,9% (Research and Market, 2024).

El HVDC se divide técnicamente en LCC-HVDC basado en tiristores y VSC-HVDC utilizando IGBT (transistores bipolares de puerta aislada). Hasta 2015, el LCC-HVDC representaba el 90% de la capacidad acumulada. Sin embargo, a medida que la tecnología de convertidores multinivel se aplicó al VSC-HVDC, el mercado de VSC-HVDC creció rápidamente, y la capacidad

de instalación anual comenzó a superar a la del LCC HVDC desde 2019. Mirando las tendencias del mercado regional, China representa el 59% de la capacidad de instalación de HVDC acumulada en el mundo. El HVDC es la forma dominante en la transmisión de energía a larga distancia y gran escala desde el norte y oeste de China, donde la generación de energía a partir de carbón y fuentes renovables es abundante, hacia el este y sur de China, donde la demanda está altamente concentrada. Dentro de la industria de fabricación de equipos eléctricos, los actores nacionales como Ronxin (RXHK) y NARI (NR Electric) son los principales proveedores en China. En las Américas, los sistemas HVDC se utilizan para la interconexión de redes eléctricas a larga distancia, estabilización e integración de fuentes de energía renovable.

En Europa, el HVDC se está aplicando actualmente para la integración de energía renovable y la interconexión de redes transfronterizas. Para la conectividad transfronteriza, se ha iniciado el proyecto InterOPERA (facilitando la interoperabilidad de redes HVDC de múltiples proveedores), que establecerá estándares técnicos para conectar VSC HVDC de varios fabri-

cantes en MTDC (HVDC Multi-terminal), una tecnología que vincula tres o más convertidores HVDC. El Centro de I+D de Hyosung Heavy Industries está participando activamente en este proyecto.

En Corea, desde la introducción del convertidor de corriente HVDC con Jeju-Haenam #1 en 1998, seguido por Jeju-Jindo #2, North Dangjin-Go-deok y Yangju BTB, se han instalado un total de 3,9GW que están actualmente en funcionamiento.

Además, se están construyendo 4,7GW para el proyecto East Coast-Singapyeong (EP1), entre otros. El 10° Plan Básico de Suministro y Demanda de Electricidad del Ministerio de Comercio, Industria y Energía establece la mezcla energética de Corea del Sur con planes para instalar 10GW de VSC HVDC, alineándose con la expansión de la generación de energía a través de fuentes nucleares y renovables. Se anticipa un valor de mercado que superará los 5 mil millones después de 2028.

La red troncal del Mar Occidental está planeada en el formato MTDC, preparándose para la integración de energías renovables y la interconexión transfronteriza.

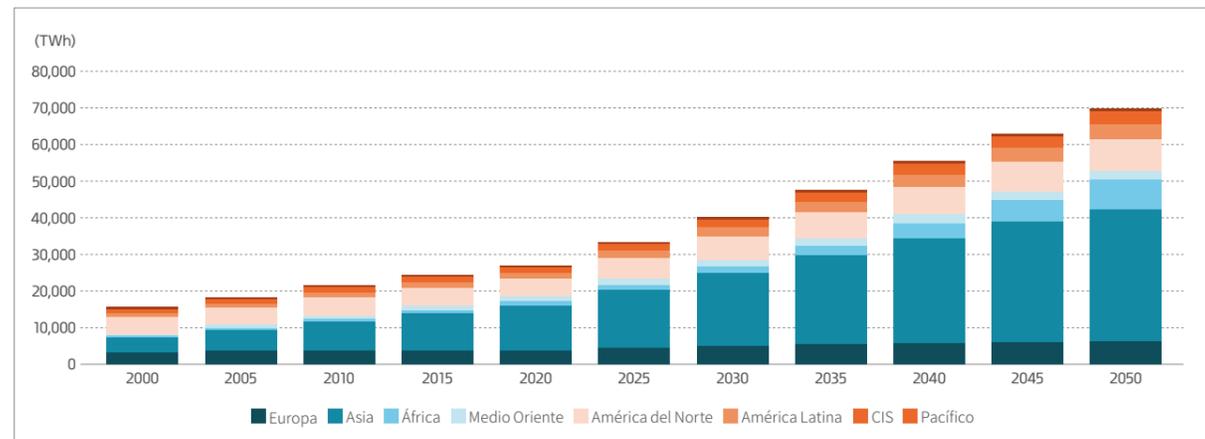


Figura 1 | Generación Eléctrica Global (fuente: Enerdata)

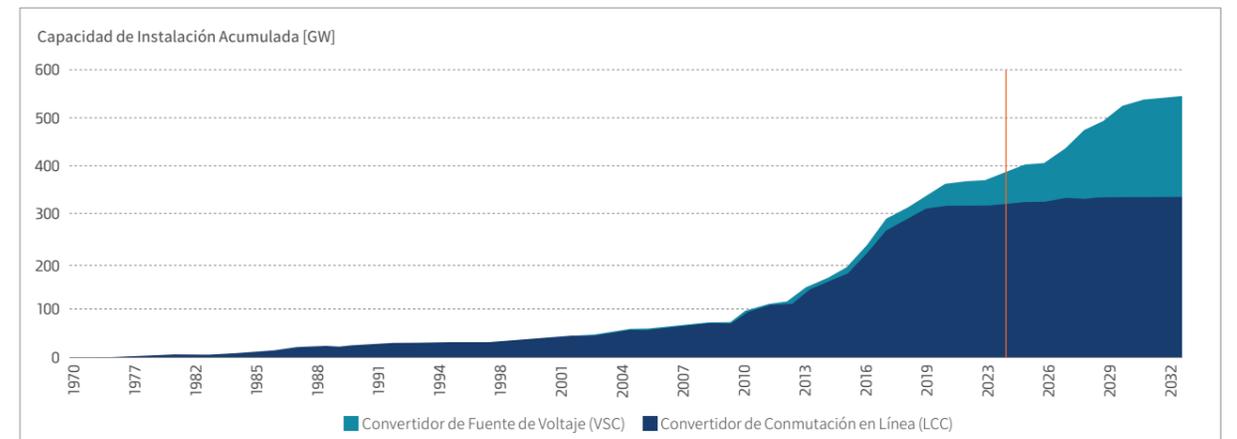


Figura 2 | Capacidad de Instalación Acumulada por Tipo (fuente: DNV)

## Introducción al Proyecto HVDC de 200MW y $\pm 120kV$ de Yangju |

El sistema HVDC integra varias tecnologías, incluyendo la conexión a la red, válvulas de convertidor, sistema de control y protección, y el sistema de refrigeración.

En consecuencia, este tipo de proyecto presenta barreras técnicas más altas y el mercado está dominado por proveedores como: las empresas H, S y G, junto con proveedores chinos.

Actualmente, están en marcha dos proyectos de construcción para sistemas HVDC de convertidor de fuente de voltaje en operación en Corea. La empresa H está involucrada en un proyecto HVDC de 200MW PTP (Punto a Punto) que conecta Jeju con Wando, mientras que la empresa G está trabajando en un proyecto HVDC de 500MW BTB en la subestación Shin-Bupyeong. Además, Hyosung Heavy Industries está trabajando activamente en un proyecto HVDC de 200MW BTB (Back-to-Back) en la subestación Yangju.

Los sistemas HVDC se pueden clasificar en configuraciones BTB (Back-to-Back), PTP (Punto a Punto) y MT (Multi-terminal) según la configuración de la línea de conexión.

El proyecto Yangju,  $\pm 120kV/200MW$  emplea un sistema HVDC BTB que consta de una estación: una Estación Rectificadora para convertir CA en CC y una Estación Inversora para convertir CC nuevamente en CA.

Una estación HVDC comprende válvulas convertidoras para la conversión de energía, un Sistema de Control y Protección (C&P System) para funciones de control y protección del convertidor, y varios dispositivos de campo, incluidos transformadores y un sistema de refrigeración (Figura 3).

Para lograr una producción 100% local, Korea Electric Power Corporation (KEPCO) es responsable de los trabajos de ingeniería civil y construcción, mientras que Hyosung Heavy Industries se encarga del diseño del sistema HVDC, diseño y fabricación de la unidad de control/convertidor, diseño y adquisición del sistema de campo, instalación y pruebas.

La Prueba de Tipo y la Prueba de Rutina de la válvula convertidora se han completado en la Planta de Changwon de acuerdo con las especificaciones de prueba de aislamiento y prueba operativa (IEC62501),



con Hyosung recibiendo la certificación de Prueba de Tipo de válvula HVDC de fuente de voltaje MMC del Instituto de Investigación Eléctrica en 2022.

La válvula convertidora forma un Brazo, al integrar 108 submódulos en una estructura de tres capas. Esto da como resultado la instalación de 6 unidades de Brazos por estación dentro de la sala de válvulas. La configuración interna de cada sala de válvulas implica la conexión en serie de 6 unidades de secciones de válvulas, cada una con 6 unidades de submódulos. Luego adopta un diseño de apilamiento en tres capas, como se muestra en la Figura 4.

El Sistema de Control y Protección (C&P) comprende un sistema operativo que realiza funciones de operador e interfaz, un sistema de control del convertidor que lo gestiona, y realiza funciones de protección basadas en las órdenes del operador, y un sistema de protección que maneja la protec-

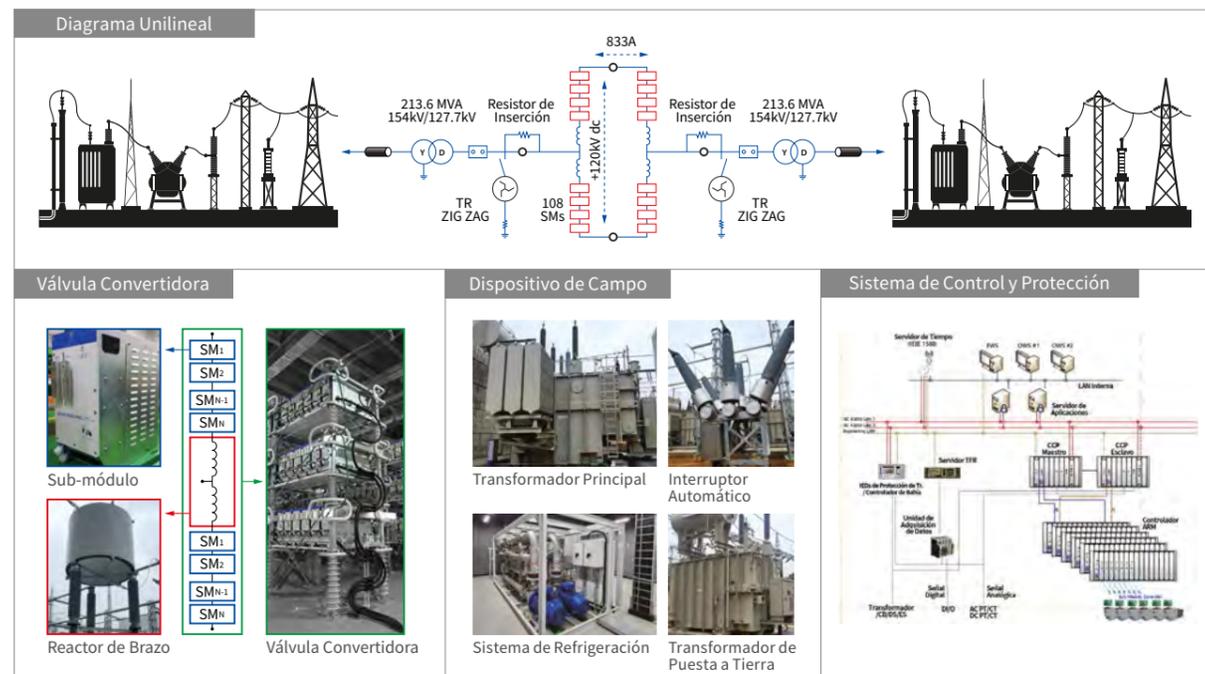


Figura 3 | Yangju HVDC Configuración del Sistema

ción de la línea de CA y las operaciones de CB/DS/ES.

Se ha desarrollado un controlador, ampliable hasta 1GW, y se ha validado a través de cuatro pruebas: simulación PSCAD, simulación PSSE, RTDS HILS y prueba DPS de interconexión de sistemas a gran escala.

Además, Hyosung ha desarrollado un transformador de interfaz de 154kV y un transformador de puesta a tierra de 127,7kV que actualmente están en la etapa de aplicación.

Todas las pruebas de equipos y subsistemas se completaron a finales de 2023. Si la prueba en línea se completa para marzo de 2024, el proyecto HVDC de Yangju marcará el primer caso de instalación de VSC HVDC en Corea, así como el primer sistema HVDC desarrollado completamente con tecnologías nacionales.

Una vez que comience la operación BTB, se espera que KEPCO, nuestro cliente, se beneficie económicamente de la estabilización del sistema en la región norte de Gyeonggi, estimada en 78.5 mil millones de wones. Además, KEPCO proyecta un ahorro anual de 18,1 mil millones de wones en gastos de compra de energía, atribuido a la resolución de problemas de sobrecarga, reducción de la corriente de falla y mejora en la estabilidad del voltaje.

Además, se anticipa que este proyecto sentará las bases para la expansión comercial en el extranjero y la independencia técnica, posicionándonos para satisfacer el esperado aumento de la demanda nacional de tecnología VSC HVDC.



Figura 4 | Válvula Convertidora de Yangju

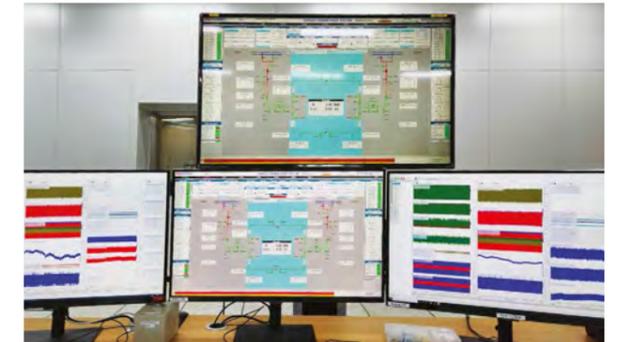


Figura 5 | Sala de Control y Monitoreo



Figura 6 | Vista de Cerca de la Válvula Convertidora de Yangju



**Hyunho Yoo**  
Líder de Rendimiento  
Gerente del Equipo D1 TFT



**Misook Ham**  
Gerente de Rendimiento  
D1 TFT

El mercado HVDC está posicionado para un crecimiento continuo debido a la creciente demanda de interconexiones de sistemas asíncronos impulsados por la energía eólica marina. Existe una creciente necesidad de eficiencia en la transmisión, estabilidad del sistema, transmisión a gran escala y tecnología ecoeficiente. Sin embargo, el mercado ha estado dominado por tres empresas globales, H, S y G, excluyendo a China, ya que han asegurado pedidos hasta finales de la década de 2020, debido a las altas demandas de estabilidad y fiabilidad.

A pesar de tener una cuota de mercado menor, la propiedad de Hyosung Heavy Industries de tecnología HVDC patentada, su amplia experiencia en la puesta en marcha de proyectos dentro del sistema KEPCO, y su experiencia en la configuración de infraestructura eléctrica global, posicionan a la compañía de manera segura como una alternativa convincente para los proyectos planificados recientemente. Con este fin, Hyosung Heavy Industries planea explorar oportunidades de mercado potenciales identificando las necesidades de los clientes, desarrollando y comercializando tecnologías adicionales que puedan participar en varios proyectos y haciendo esfuerzos para expandir sus productos de CC en el creciente mercado de la industria eléctrica.

# Hybrid STATCOM: Mejorando la Integración de Energías Renovables en Sistemas Eléctricos

Solución Multifuncional (Potencia Reactiva + Inercia) que Combina Condensadores Sincrónicos y STATCOM

A nivel global, hay una creciente necesidad de descarbonización. Para lograr esto, las naciones están haciendo la transición de generadores basados en combustibles fósiles a fuentes de energía renovable basadas en inversores. El aumento de la energía renovable ha llevado a desafíos en el sistema eléctrico, como la reducción de la inercia del sistema, menor corriente de cortocircuito y capacidades limitadas de control de voltaje, lo que ha motivado diversos esfuerzos para resolver dichos problemas.

El sistema Hybrid STATCOM permite una operación efectiva al combinar la capacidad de ajuste rápido de voltaje de un STATCOM, con las funciones de soporte de inercia y ajuste de voltaje de un condensador sincrónico a través de su control óptimo. Para evitar interferencias mutuas y la degradación del rendimiento al controlar individualmente los condensadores sincrónicos y STATCOMs, el controlador maestro Hybrid STATCOM de Hyosung Heavy Industries es una solución. Ajusta activamente la salida para los roles de potencia reactiva y soporte de inercia según las diferentes situaciones para ambos dispositivos.

## | Tendencias en la Red Eléctrica Doméstica |

Según el 'Boletín Mensual de Estadísticas Energéticas (edición de febrero de 2024)' del Instituto de Investigación Económica Energética, la generación de energía renovable doméstica ha aumentado continuamente entre 2 y 5GW anualmente desde 2015.

Para acomodar el aumento de la carga de 2010 a 2015, se incrementó la capacidad de las plantas de ciclo combinado en las afueras de Seúl. Desde 2017, en medio del impulso global hacia la descarbonización y en respuesta a preocupaciones ambientales, la capacidad de generación de energía a partir de combustibles fósiles se ha mantenido, mientras que las fuentes renovables han aumentado de manera constante.

La transición de fuentes basadas en generadores síncronos convencionales a fuentes basadas en inversores puede llevar a una falta de inercia del sistema. La inercia insuficiente puede causar fluctuaciones significativas en la frecuencia en caso de variaciones de carga o pérdida repentina de fuentes de generación; por lo tanto, se están realizando esfuerzos recientes para mantener una inercia mínima del sistema mediante la integración de condensadores sincrónicos.

Según el 'Anuario de Estadísticas Energéticas (edición 2022)', las pérdidas de transmisión y distribución doméstica se registraron en 8.651GWh en 2021, lo que indica pérdidas de energía significativas anualmente.

Corea del Sur enfrenta disparidades geográficas entre la generación y la demanda, lo que lleva a que se transmita una cantidad sustancial de energía desde las regiones no capitalinas hacia el Área Metropolitana de Seúl. Esta estructura puede resultar en un aumento de las pérdidas de transmisión y problemas de estabilidad del voltaje, debido a las restricciones de transmisión.

Los STATCOM pueden resolver estas limitaciones de transmisión y compensar la inestabilidad del voltaje a la mayor velocidad. Se anticipa que el Hybrid STATCOM sea una solución multifuncional capaz de mitigar problemas futuros de frecuencia y voltaje en sistemas compuestos por redes de CA de larga distancia, con instalaciones de energía renovable a gran escala.

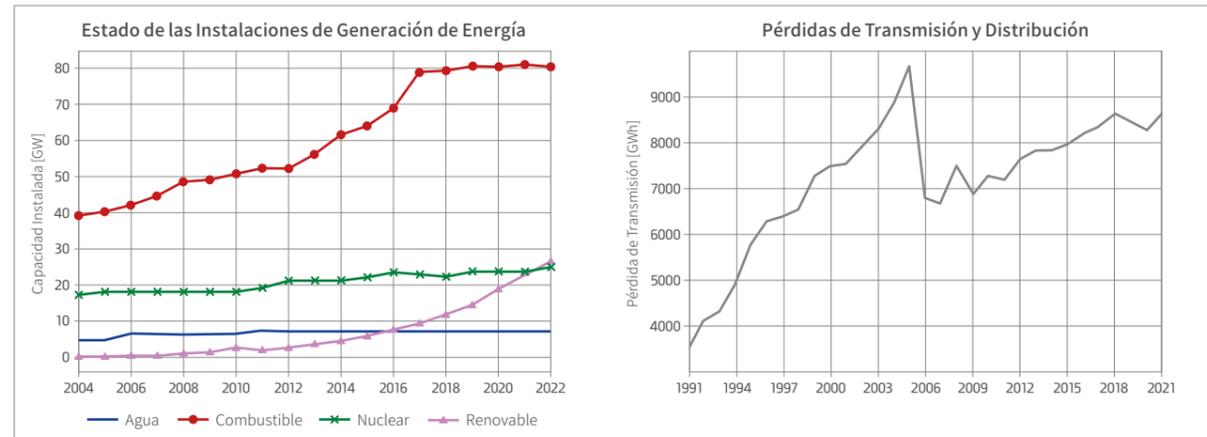


Figura 1 | Estado de las instalaciones de generación de energía y pérdidas de transmisión (Informe del Instituto de Economía Energética de Corea)

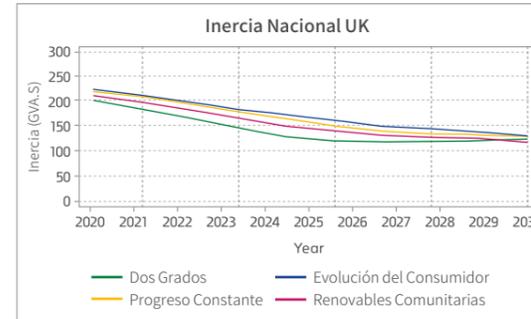


Figura 2 | Tendencia de reducción de inercia en el Reino Unido para 2030



Figura 3 | Configuración del Sistema STATCOM Híbrido

## | Solución STATCOM Híbrido |

El STATCOM Híbrido fue instalado comercialmente por primera vez por Hitachi (anteriormente ABB) como parte del proyecto PHOENIX en el Reino Unido. El Reino Unido llevó a cabo este proyecto híbrido, combinando condensadores sincrónicos y el STATCOM, para abordar varios objetivos, incluyendo: asegurar la inercia del sistema, proporcionar potencia reactiva, mejorar el rendimiento de control de los dispositivos electrónicos de potencia y asegurar la corriente de falla para la protección.

Cabe destacar que la disminución continua de la inercia, como se muestra en la Figura 2, fue identificada como el problema prioritario que debemos resolver desde la perspectiva de la estabilidad de la frecuencia. Recientemente, han surgido proyectos para instalar nuevos condensadores sincrónicos o convertir generadores de combustibles fósiles desmantelados en condensadores sincrónicos en Corea del Sur y los EE.UU. para resolver problemas de inercia, lo que indica la creciente necesidad de soluciones híbridas capaces de proporcionar inercia en los sistemas de energía del futuro.

Hyosung Heavy Industries ya se ha equipado con tecnologías de STATCOM estables, como lo demuestra la exitosa entrega del producto a sistemas internacionales y nacionales, incluidos los de India, Panamá, Arabia Saudita y otros. Por lo tanto, la compañía está actualmente involucrada en actividades de investigación y desarrollo para el control maestro, con el objetivo de lograr un control integral y cooperativo al integrar condensadores sincrónicos en las plataformas, aprovechando su experiencia técnica. Este esfuerzo tiene como objetivo completar la solución del STATCOM Híbrido definitivo, abordando proactivamente los futuros cambios en la red.

La Figura 3 ilustra la configuración del sistema del STATCOM Híbrido, que ajusta la potencia reactiva y el voltaje necesarios para el sistema y proporciona energía inercial en respuesta a los cambios en el sistema. El STATCOM Híbrido puede realizar una amplia gama de modos de control requeridos por los operadores del sistema eléctrico.

Puede suministrar estratégicamente cantidades específicas de potencia reactiva a la red según la señal de control del operador y restaurar efectivamente el voltaje mediante un control rápido del voltaje en respuesta a cambios abruptos en el mismo.

Además, cuando ocurren variaciones de frecuencia, se prioriza la función de soporte de inercia del condensador sincrónico para ayudar a estabilizar la frecuencia del sistema.

El controlador maestro regula las situaciones operativas adaptadas a las diferentes características de respuesta del condensador sincrónico y el STATCOM.

La Figura 4 muestra los cambios de frecuencia debido al soporte de inercia proporcionado por el STATCOM Híbrido.

El gráfico de la izquierda muestra que el uso del STATCOM Híbrido puede suavizar la tasa de cambio de frecuencia y reducir la magnitud de las caídas de frecuencia, mejorando la estabilidad de la frecuencia del sistema.

El gráfico de la derecha revela que se produce una salida de potencia activa para el soporte de inercia durante las fluctuaciones de frecuencia, donde el controlador maestro asegura que el condensador sincrónico proporcione inercia principalmente.

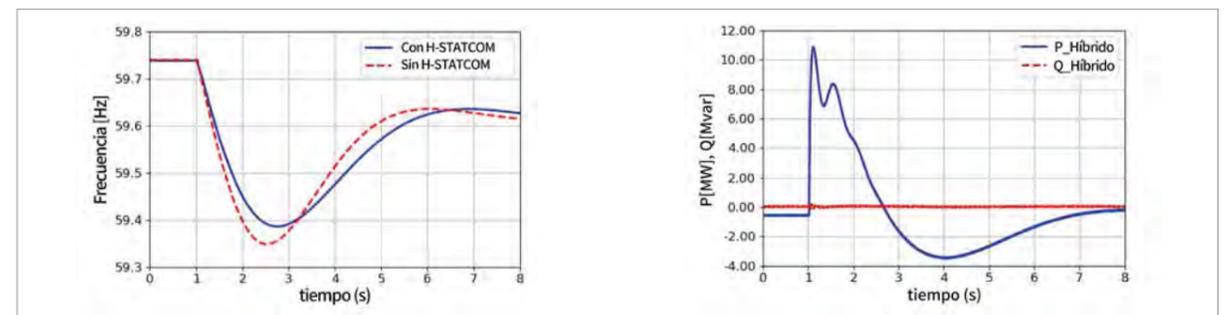


Figura 4 | Efecto del Suministro de Inercia en el Sistema por el STATCOM Híbrido.



**Jooyong Jung Gerente de Rendimiento**  
Centro de I+D de Sistemas de Potencia e Industriales



**Wooseok Seo Gerente de Rendimiento**  
Centro de I+D de Sistemas de Potencia e Industriales

El aumento de las fuentes de energía renovable está causando problemas de voltaje y frecuencia en las redes de transmisión. Con el aumento anticipado de las energías renovables basadas en inversores, se espera que la receptividad y la estabilidad de las redes se degraden. Una solución propuesta para aliviar estos problemas implica el uso del STATCOM y condensadores sincrónicos para compensar la potencia reactiva y proporcionar inercia, mejorando así la fiabilidad y estabilidad del sistema. Hyosung Heavy Industries tiene la intención de continuar con los esfuerzos de I+D y comercialización para contribuir a la mejora de la variabilidad y estabilidad de los sistemas eléctricos futuros. Esto se logrará aprovechando su experiencia acumulada en productos y tecnología STATCOM, así como aprovechando los fabricantes de condensadores sincrónicos o la tecnología de transición mediante el uso de generadores fuera de servicio.

# Tendencias Emergentes en ESS: ‘Soluciones de Larga Duración y Baterías de Flujo’

Un sistema de operación de larga duración que permite el uso de electricidad solar durante toda la noche

Las tendencias globales recientes en sistemas de almacenamiento de energía se caracterizan por 1) mayor capacidad del sistema, 2) demanda de soluciones de formación de redes, 3) expansión de microrredes y plantas de energía virtuales, y 4) la necesidad de sistemas de almacenamiento de energía de larga duración. Entre estos, el almacenamiento de energía de larga duración se refiere a sistemas diseñados para operaciones superiores a 4 horas, particularmente alrededor de 10 horas, diferenciándose de los sistemas que emplean principalmente baterías de iones de litio para una corta duración de menos de 4 horas, y centrándose en mejorar la estabilidad del sistema eléctrico.

Hyosung Heavy Industries está a la vanguardia de esta nueva tendencia, estableciendo sistemas que utilizan baterías de flujo de vanadio (celdas de flujo) como solución de operación de larga duración. La compañía planea liderar el mercado en rápido crecimiento de almacenamiento de larga duración proporcionando sistemas que aseguren la fiabilidad a largo plazo. A diferencia de las baterías de iones de litio, las baterías de flujo son acuosas y no inflamables, sin degradación y con una vida útil sustancialmente más larga, lo que representa ventajas competitivas muy importantes para aplicaciones que requieren una salida de energía sustancial durante toda su vida útil.



## | Sistema de Almacenamiento de Energía (ESS) |

Hay un dicho en las operaciones de sistemas eléctricos que dice que el consumo impulsa la generación, lo que implica que "la cantidad de energía consumida determina la cantidad de generación."

Este principio ha sido considerado durante mucho tiempo como una verdad inmutable. Sin embargo, los avances en electrónica de potencia y tecnologías de sistemas embebidos han transformado esta verdad mediante la utilización de grandes baterías.

La energía almacenada ahora puede ser inyectada en la red eléctrica cuando sea necesario, reflejando diversas demandas a través de un sistema de almacenamiento de energía. Esto cambia la fórmula de "capacidad de consumo igual a capacidad de generación" a "capacidad de consumo igual a capacidad de generación más capacidad de almacenamiento", permitiendo una transformación flexible de la generación y proporcionando oportunidades para integrar energías renovables intermitentes o incontrolables en la red a gran escala.

Los sistemas de almacenamiento de energía, compuestos por transformadores para la conexión a la red, sistemas de conversión de potencia (PCS) para la conversión de electricidad y baterías en un sistema de baja tensión (~690Vac), requieren sistemas integrados como Sistemas de Gestión de Baterías (BMS) y Sistemas de Gestión de Energía (EMS), junto con el intercambio de datos a alta velocidad a través de redes.

Aunque conectar múltiples sistemas en paralelo para aumentar la capacidad del sistema pueda parecer simple desde una perspectiva de hardware, desde un punto de vista de software, es bastante complejo debido a la necesidad de desarrollar aplicaciones para diversas demandas, reflejar múltiples requisitos simultáneamente y garantizar la disponibilidad para asegurar ingresos estables para los clientes.

En última instancia, el despliegue acelerado de energía renovable en respuesta a cumplir con los requisitos de la COP28 y del IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) impulsado por los desafíos climáticos, sigue impulsando la necesidad del mercado y el crecimiento del mercado de sistemas de almacenamiento de energía.

## | Almacenamiento de Energía de Larga Duración (LDES) |

IEEE sugiere más de 20 modos operativos diferentes para los sistemas de almacenamiento de energía. Aunque la aplicación varía según el país, en función de la configuración de la red eléctrica y las tarifas de electricidad, se emplean fundamentalmente para la reducción de car-



gos por demanda o ingresos a través del arbitraje debido a las diferencias de precios en las tarifas eléctricas.

La aplicación requerida por la red eléctrica cambia con la tasa de penetración de energía renovable. Fundamentalmente, cuanto mayor sea la tasa de penetración de energía renovable, mayor será la necesidad de sistemas de almacenamiento de energía de larga duración. Hasta un 40% de penetración, se necesitan sistemas de almacenamiento de energía de menos de 4 horas para la estabilidad de la red.

Se puede lograr hasta un 60% de penetración con sistemas de almacenamiento de energía de 10 horas para asegurar la flexibilidad de la red. Más allá del 60%, se requieren sistemas de almacenamiento de energía capaces de hasta 100 horas (almacenamiento estacional) para asegurar la resiliencia de la red. Estos sistemas que operan entre 4 y 12 horas se conocen como sistemas de Almacenamiento de Energía de Larga Duración (LDES).

Una aplicación clave de LDES es cargar el excedente de energía solar durante el día y descargarlo durante la tarde y la noche, lo que puede utilizarse para gestionar los máximos de generación, la congestión de la red, y la resiliencia al cambio climático.

Los sistemas de larga duración requieren tecnologías de almacenamiento apropiadas, incluidas baterías de flujo, sistemas de almacenamiento de agua bombeada, dispositivos de almacenamiento térmico, almacenamiento de hidrógeno, y almacenamiento de energía en aire comprimido.

Familias de Almacenamiento de Energía de Larga Duración				
	Electroquímica	Térmico	Químico	Mecánico
<b>Descripción</b>	Sistemas de almacenamiento de energía que generan energía eléctrica a partir de reacciones químicas	Soluciones que almacenan energía térmica calentando o enfriando un medio de almacenamiento	Sistemas que almacenan electricidad para impulsar un reactor químico que produce combustible líquido	Soluciones que almacenan energía como medio de potencial cinético, gravitacional o de compresión/presión
<b>Ejemplos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Batería de flujo</li> <li>Ánodo de metal</li> <li>No metal</li> <li>Almacenamiento químico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calor sensible</li> <li>Calor latente</li> <li>Termoquímico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hidrógeno verde</li> <li>Metano</li> <li>Amoníaco</li> <li>Metanol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Almacenamiento de energía en aire comprimido</li> <li>Almacenamiento de energía en aire líquido</li> <li>Almacenamiento de agua bombeada</li> <li>Almacenamiento bombeado basado en gravedad</li> <li>CO2 líquido</li> </ul>
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexibilidad</li> <li>Costos a largo plazo en descenso</li> <li>Amplio rango de operación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sin degradación</li> <li>Ciclos a lo largo del día</li> <li>Opciones modulares disponibles</li> <li>Considerado seguro (bajo riesgo de inflamación)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rango potencial de huella y RTE con tasas de carga relativamente más altas</li> <li>Las opciones tecnológicas o bien tienen materiales baratos o requieren materiales menos costosos que las baterías de iones de litio (LiB)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Probado mediante tecnologías establecidas (almacenamiento de agua bombeada)</li> <li>Considerado seguro</li> <li>Economía atractiva</li> </ul>

Source: LDES Council, Roland Berger

Figura 1 | Tipos y Características de Dispositivos de Almacenamiento de Larga Duración (Fuente: Consejo LDES)

Nivel de preparación tecnológica de las tecnologías LDES*												
tecnología	tecnología	tecnología										
		Concepto			Prototipo pequeño a grande			Demostración		Adopción en el mercado		Maure
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Electroquímica	VRFB											
	Baterías Na-S											
	Baterías de flujo de hierro											
	Baterías de metal-aire											
Mecánica	CAES avanzado											
	Energía gravitacional											
	LAES											
	Almacenamiento de CO <sub>2</sub> líquido											
Térmica	Calor sensible											
	Calor latente											

Figura 2 | Estado del Desarrollo Tecnológico de los Dispositivos de Almacenamiento de Larga Duración (Fuente: Consejo LDES)

Las baterías de flujo se consideran la solución más prometedora debido a su baja inversión inicial en CAPEX, instalación y operación altamente flexibles, y características de seguridad inherentes que eliminan el riesgo de incendio, una preocupación importante con las baterías de iones de litio. Los sistemas de almacenamiento de agua bombeada enfrentan desafíos para asegurar sitios de instalación adecuados y requieren altos costos iniciales para la planta de energía, lo que los hace menos viables para aplicaciones de capacidad media/baja. El almacenamiento de hidrógeno tiene una baja eficiencia energética de ida y vuelta y requiere una inversión sustancial en infraestructura.

Las baterías de flujo prominentes incluyen vanadio, zinc-bromo y hierro-aire. Basadas en el nivel actual de preparación tecnológica, las baterías de flujo de vanadio son las más comercializadas y tienen antecedentes comprobados. Por lo tanto, Hyosung Heavy Industries está construyendo soluciones utilizando baterías de flujo de vanadio y proponiendo sistemas estandarizados (EMS/PCS/Batería) a los clientes, incluidas las instalaciones de Balance of Plant (BOP) para la conexión a la red.

### | Batería de Flujo de Vanadio (VFB) |

Una batería de flujo de vanadio consiste en un apilamiento de celdas, el ensamblaje de celdas que comprende ánodo/cátodo, un separador y fieltro de carbono, utilizando un flujo de electrolitos de vanadio con diferentes estados de oxidación (4-5+ en el ánodo y 2-3+ en el cátodo) para lograr la carga y descarga. Gracias al flujo de electrolitos, que están contenidos en tanques con bombas, la duración operativa se puede ajustar libremente controlando el volumen de electrolitos. A diferencia de las baterías de iones de litio que requieren escalar todo el producto de la batería para aumentar el tiempo de operación, este sistema solo requiere aumentar la cantidad de electrolito, lo que lo hace ventajoso para sistemas de larga duración. Sin embargo, el sistema tiene algunas desventajas, como el uso de una bomba propensa al mantenimiento, la necesidad de tanques y ensamblajes, lo que reduce la densidad de energía general y requiere un espacio de instalación grande. También existe la desventaja de que la eficiencia se reduce debido a la bomba que necesita operar continuamente y al convertidor DC/DC utilizado para aumentar el voltaje de CC.

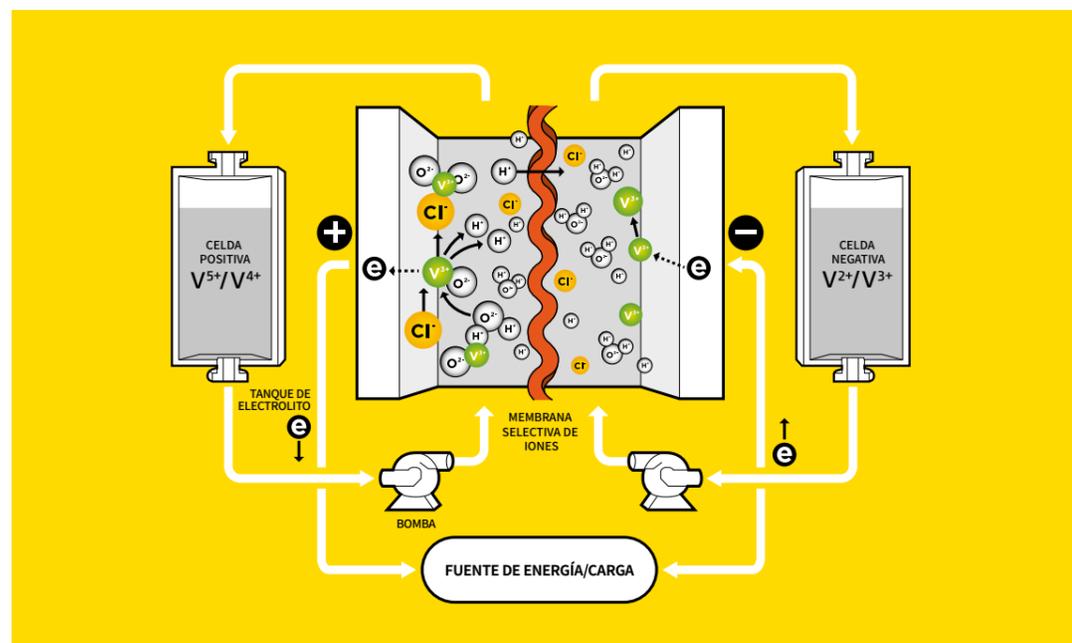


Figura 3 | Estructura de la Batería de Flujo de Vanadio

Hyosung Heavy Industries está colaborando con Invinity Energy Systems, con sede en EE. UU. y Reino Unido; e Invinity Energy Systems ha completado recientemente el desarrollo de un nuevo producto que monta tanto apilamientos de celdas como electrolitos en un contenedor de 20 pies. Para garantizar la fiabilidad, este producto se fabrica completamente en la fábrica, se transporta y se diseña con procedimientos de mantenimiento simplificados para apilarse durante la instalación, aumentando así la densidad de energía y eliminando los convertidores DC/DC al aumentar la conexión en serie de los apilamientos de celdas para mejorar la eficiencia del sistema.

### | Propuesta de Solución del Sistema |

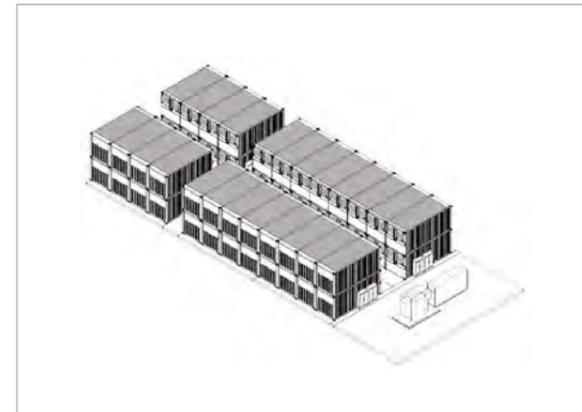


Figura 4 | Propuesta de Sistema Estándar (Fuente: Invinity 3,6MW/14,4MWh)

Los sistemas que utilizan baterías de flujo de vanadio son esenciales para sitios vulnerables a riesgos de incendio, como plantas químicas. Aprovechando los sistemas estandarizados, Hyosung Heavy Industries avanza con propuestas rápidas para los clientes y optimiza el tiempo de operación del sistema para reflejar los requisitos del cliente. A diferencia de los competidores, el producto de Invinity Energy Systems puede instalarse apilando contenedores y permite que el mantenimiento se realice únicamente desde el frente, lo que posibilita una instalación estrecha lado a lado para reducir la huella. Eliminar los convertidores DC/DC ha mejorado la eficiencia energética de ida y vuelta del sistema. El uso de contenedores ISO estándar permite técnicamente apilar hasta siete capas, aunque, desde una perspectiva de mantenimiento, se consideran óptimas de 2 a 4 capas. Las empresas de baterías proponen un sistema de 14.4MWh como estándar, aplicando un PCS ESS general de 3.6MW de capacidad con un apilamiento de dos capas (Figura 4). Sin embargo, Hyosung Heavy Industries, acomodando las necesidades recientes de los clientes, propuso un sistema apilado en cuatro capas dentro del mismo espacio, configurando un sistema de 7,2MW/28,8MWh para el cliente. Debido a preocupaciones de seguridad contra incendios, el cliente prefirió una alternativa a las baterías de iones de litio y Hyosung Heavy Industries propuso cuatro capas para minimizar el área de instalación.

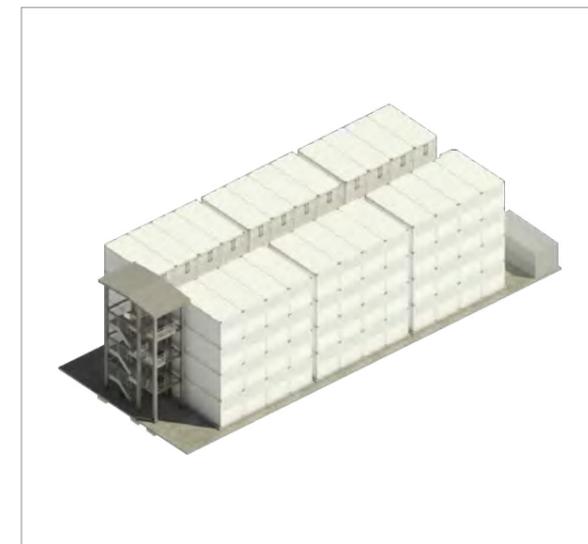
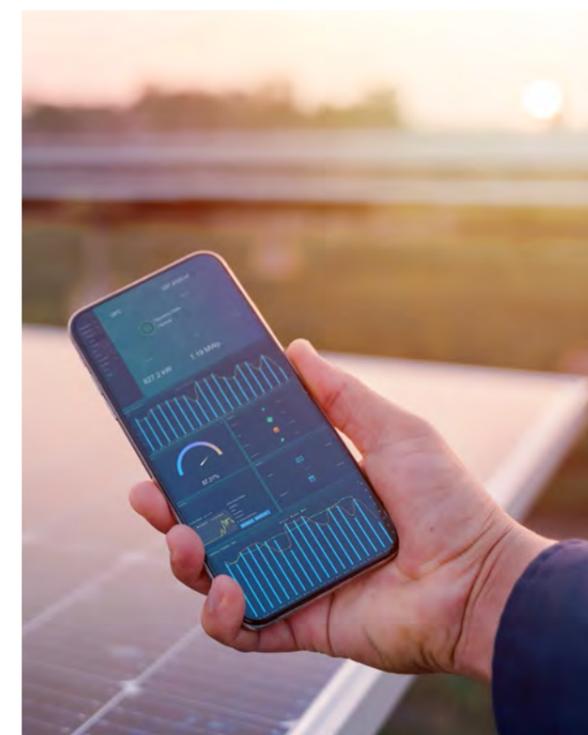


Figura 5 | Propuesta de Sistema para el Cliente (7,2MW/28,8MWh)



**Daehee Choi**  
Líder de Rendimiento  
Director del Departamento de Negocios ESS

El crecimiento continuo de la energía renovable, particularmente la energía solar, requiere el papel de los sistemas de almacenamiento de energía para operaciones de larga duración, lo que exige sistemas de baterías con características diferentes a las de las baterías de iones de litio convencionales. Entre las diversas tecnologías de almacenamiento, la solución óptima es la batería de flujo de vanadio, para la cual Hyosung Heavy Industries ofrece soluciones de sistemas. Ofrecemos una solución diferenciada y duradera al asegurar productos de baterías de flujo que compensan sus desventajas inherentes de gran área de instalación y menor eficiencia, aplicando nuestras capacidades de Integración de Sistemas y EPC y productos BOP. El mercado de sistemas de almacenamiento de energía de larga duración está preparado para un rápido crecimiento, y Hyosung Heavy Industries está lista para liderar el mercado global aprovechando su experiencia y soluciones.

# Proyecto de Actualización de Subestación de AIS a GIS en Chile

## Propuesta de Solución GIS en el Mercado AIS

La mayoría de los mercados eléctricos de Sudamérica operan bajo modelos de financiamiento de proyectos como BOT (Construir-Operar-Transferir). Como resultado, las instalaciones de interruptores aislados por aire (AIS) han sido preferidas gracias a sus menores costos de inversión inicial. Sin embargo, esta preferencia ha llevado a evaluaciones ambientales negativas debido al uso extensivo de terrenos, el aumento de los costos de mantenimiento por el mantenimiento frecuente y una probabilidad relativamente mayor de fallas que interrumpen el suministro estable de electricidad. Además, con el aumento de la energía renovable, los productores de energía tienen una demanda creciente de equipos confiables para asegurar un suministro eléctrico estable. Hyosung Heavy Industries ofrece soluciones optimizadas que satisfacen las necesidades de los clientes proporcionando diversos soportes técnicos para la transición de subestaciones AIS a subestaciones confiables de interruptores aislados en gas (GIS) basadas en nuestra amplia experiencia y conocimiento en la entrega de GIS.



## Proyecto de Actualización de Subestación de AIS a GIS en Chile

Chile está experimentando un rápido aumento en la demanda de energía debido a la activación de la industria minera, junto con un aumento continuo en el sector eléctrico vinculado a la generación renovable (solar). Hyosung Heavy Industries ofrece una solución que proporciona subestaciones altamente confiables basadas en GIS desde la etapa de diseño de subestaciones en los mercados eléctricos. Apoyamos la minimización del costo de instalación de subestaciones y aseguramos un suministro de energía más confiable a través de la colaboración continua con nuestros clientes. El diseño de subestaciones GIS presenta desafíos, especialmente en la región sudamericana, donde hay una experiencia limitada con subestaciones GIS. Reconociendo esto, hemos participado en reuniones técnicas continuas y diversas actividades de cooperación técnica con nuestros clientes, discutiendo la configuración óptima de la subestación y las especificaciones aplicadas de GIS desde la etapa de diseño inicial en Chile. Esta colaboración llevó a la aprobación final del proyecto de actualización para transformar dos subestaciones AIS, La Ligua y Totihue, en subestaciones GIS bajo el CEN (Coordinador Eléctrico Nacional de Chile). Actualmente estamos preparando la producción y entrega. Este proyecto de actualización a subestación GIS ha reducido el uso de terreno en más del 58%, y el GIS al aire libre ha permitido una reducción del 19% en los costos de inversión inicial en comparación con AIS. Este ejemplo demuestra que las subestaciones GIS pueden incurrir en costos de inversión inicial más bajos que las subestaciones AIS, y considerando el Costo del Ciclo de Vida (LCC), la aplicación de GIS más confiables y económicamente eficientes permite el suministro de electricidad más estable.

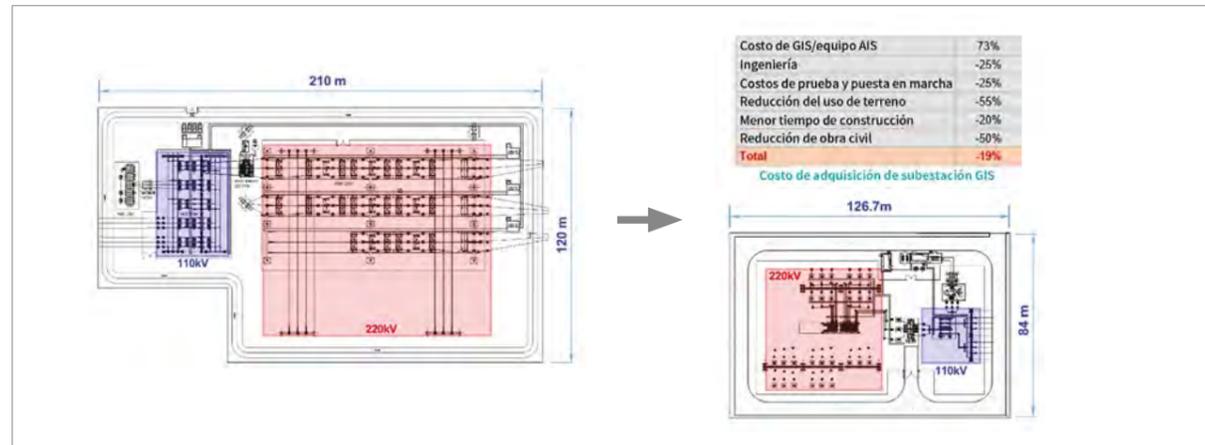


Figura 1 | Subestación GIS de 220/110/23kV en Chile (Subestación La Ligua)

## Propuesta y Consideraciones para GIS al Aire Libre

Aunque la aplicación de un GIS al aire libre puede reducir los costos de inversión inicial al considerar una subestación GIS, puede enfrentar desafíos operativos y de mantenimiento cuando se expone a entornos naturales externos y condiciones extremas. Además, las condiciones ambientales de instalación variables en comparación con las condiciones más estables para el GIS interior pueden provocar corrosión y deterioro acelerado, lo que socava la fiabilidad de la calidad y dificulta el suministro estable de electricidad.

Por lo tanto, tales soluciones pueden ser propuestas por fabricantes con años de experiencia operativa, experiencia técnica de alto nivel acumulada y confiabilidad en GIS al aire libre. En este sentido, Hyosung Heavy Industries, con una amplia experiencia operativa en diversas condiciones climáticas y ambientales para GIS de hasta 800kV, puede suministrar GIS que cumpla con las especificaciones del cliente basado en más de 30 años de experiencia en operación de GIS en ambientes exteriores.

Factor	Problema	Solución
Lluvia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corrosión de la brida</li> <li>Fugas de gas SF<sub>6</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de doble sellado: O-ring con grasa impermeable</li> <li>Estructura impermeable de las cajas</li> </ul>
Baja temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambio de fase o características físicas de los materiales aislantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Selección del Anillo Tórico y grasa para bajas temperaturas</li> <li>Aplicación de calentador de tanque → Prevención de licuefacción</li> </ul>
Industrial/Contaminación por sal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corrosión del material metálico.</li> <li>Contaminación superficial del aislante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pintura y grasa anticorrosión</li> <li>Estructura de sellado de las cajas</li> <li>Recubrimiento en superficies aislantes para prevenir la contaminación</li> </ul>
Plagas/Insectos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intrusión de insectos y animales pequeños</li> <li>Falla debido a la anidación de pequeños animales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Llenar el puerto de entrada del cable de control con masilla</li> <li>Cubierta para PRD</li> </ul>
Nieve y hielo	<ul style="list-style-type: none"> <li>El agua penetrada se congela y forma hielo que induce grietas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalación de cubierta para evitar la acumulación de nieve</li> <li>Sistema de doble sellado</li> </ul>
Radiación solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento adicional de temperatura y expansión térmica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción del aumento de temperatura mediante la instalación de sombrillas</li> <li>Colocación de película de prevención de rayos ultravioleta</li> </ul>
Humedad y Condensación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intrusión de humedad en las cajas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalar calentador</li> <li>Sellado de la apertura del panel/caja</li> </ul>
Alta temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Expansión térmica de la carcasa</li> <li>Límite de aumento de temperatura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Absorción de la expansión de la carcasa utilizando fueles</li> <li>Aplicar equipos de mayor capacidad</li> </ul>

Tabla 1 | Consideraciones Notables para Aplicar GIS al Aire Libre



Figura 2 | Logros Clave del GIS al Aire Libre de Hyosung Heavy Industries

## Varias Soluciones Propuestas para la Actualización de Subestaciones de AIS a GIS al Aire Libre

El GIS es aplicable para nuevas instalaciones de subestaciones y puede servir como reemplazo o adición a subestaciones existentes operadas por AIS debido a varios requisitos operativos. Aplicar una sub-estación GIS podría ser la solución óptima al reemplazar o actualizar el equipo de la subestación para acomodar el aumento de la demanda de energía, el envejecimiento del equipo o la adición de nuevo equipamiento debido al aumento de la demanda de energía cuando hay falta de espacio. Este enfoque puede minimizar el tiempo de inactividad mientras se reemplaza el equipo de energía y permitir la instalación sin espacio adicional debido al GIS de tamaño compacto, haciéndolo más económico.

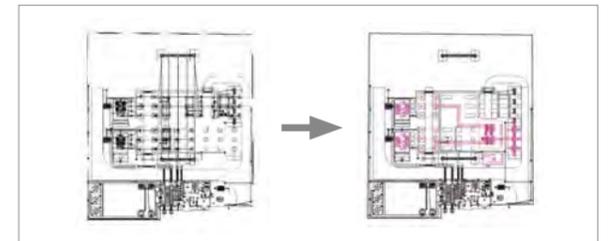


Figura 3 | Actualización de una Subestación AIS de 110kV a un Sistema de Energía GIS de 220kV

**Taesung Rho** Líder de Rendimiento  
Equipo de Ingeniería de Soluciones Globales

Con el cambio hacia la energía renovable en los mercados eléctricos impulsando una creciente demanda de nuevos equipos de subestaciones y el reemplazo de equipos AIS envejecidos, la aplicación de GIS al aire libre compactos y confiables puede ser una alternativa óptima. Hyosung Heavy Industries, con más de 30 años de experiencia en diseño y operación de GIS, y un extenso conocimiento técnico, es capaz de ofrecer una variedad de propuestas técnicas para satisfacer las necesidades de los clientes. Considerando el Costo del Ciclo de Vida (LCC), una subestación GIS al aire libre puede ser más económica que las subestaciones AIS y proporcionar un suministro de energía estable al aplicar su alta fiabilidad. Hyosung Heavy Industries ofrece la mejor solución desde la etapa de diseño inicial de la subestación, a través del soporte técnico para asegurar la operación exitosa de las instalaciones de la subestación.

# Cadena de suministro de equipos de energía con fiabilidad para la era de la energía eólica marina

Soluciones de Energía Eólica Marina de Hyosung Heavy Industries

Dado que la electrificación está emergiendo como una estrategia clave para lograr los objetivos de emisiones netas nulas, la capacidad de generación de energía producida a partir de recursos de energía renovable está aumentando. En línea con esta tendencia, se espera que la industria de la energía eólica marina crezca significativamente ya que puede ser a gran escala y ubicarse libremente. Hyosung Heavy Industries tiene conocimientos en productos de energía convencionales, incluyendo interruptores aislados en gas (GIS) y transformadores. Para satisfacer las necesidades del mercado, contamos con una cadena de suministro estable y confiable que puede proporcionar diversas soluciones como GIS ecológicos, transformadores ecológicos, compensadores (reactores en derivación, STATCOM), BESS/PCS, y muchos otros, basados en la fortaleza de nuestros productos y nuestra comprensión de los sistemas marinos.

## | Tendencia Global en Energía Eólica Marina |

En la era de la energía ecológica, la energía eólica marina se está expandiendo debido a su generación de energía a gran escala y alta estabilidad de calidad.

Las plantas de energía eólica marina se instalan en el océano con consideración al volumen de viento, la velocidad del viento y la continuidad del viento, por lo que hay menos restricciones en la selección de sitios. Esta ventaja ha llevado a una nueva instalación e inversión activa en energía eólica marina en todo el mundo.

- Estados Unidos: Lograr 30GW en capacidad de energía eólica marina para 2030 y 110GW para 2050
- UE: Requiere 510GW de capacidad de energía eólica marina para 2030

País	Plan de adición '23-'32 (MW)	País	Plan de adición '23-'32 (MW)
Alemania	31,688	Islandia	10,000
Países Bajos	19,040	Vietnam	6,000
Polonia	10,900	Irlanda	4,975
Dinamarca	10,600	Bélgica	2,917

Tabla 1 | Países clave con planes de adición de OSW  
Fuente: Informe y Base de Datos de Transmisión Eléctrica Global, 2023-2032



## | Visión General del Negocio de Energía Eólica Marina |

Para los parques eólicos marinos con menor capacidad y menor distancia a la tierra, la red interna de energía que consiste en interconexiones a menudo se conecta directamente a la red (a través de subestación en tierra).

Sin embargo, para mayor capacidad e instalaciones más alejadas de la costa, se incrementa el voltaje para reducir la pérdida de energía en la línea para la conexión a la red. Los transformadores y GIS en una subestación marina deben asegurar una capacidad y rendimiento adecuados mientras resisten entornos específicos del mar.

Además, los cables submarinos de larga distancia (cable de exportación) que conectan las subestaciones marinas con las subestaciones en tierra pueden causar un aumento de voltaje debido a su componente capacitivo, afectando negativamente la estabilidad de la red. La instalación de un Reactor de Derivación (Sh.R) en la subestación marina puede mejorar la estabilidad de la red. En las subestaciones en tierra, la conexión a la red se completa elevando o reduciendo a un voltaje igual al voltaje de la red a través de un transformador.

Además, se deben considerar los compensadores de potencia reactiva como Reactores de Derivación Variables (VSR) y STATCOM para mantener el voltaje de la red constante.

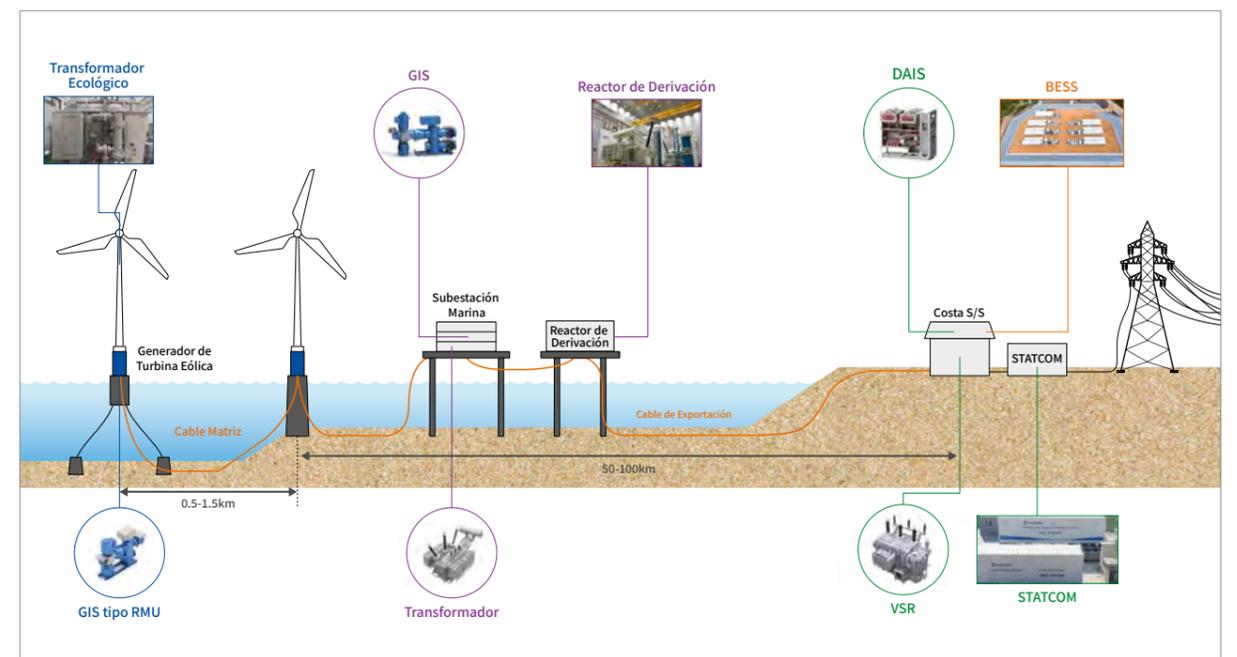


Figura 1 | Configuración de un Parque Eólico Marino



## | Línea de Productos de Hyosung Heavy Industries |

Hyosung Heavy Industries ofrece ingeniería de soluciones globales estables y confiables, capaz de entregar un paquete completo de equipos de energía esenciales para la energía eólica marina, como se muestra en la configuración de un parque eólico marino arriba. A continuación, se describen las fortalezas de nuestras principales líneas de productos que suministramos.

### • GIS

Hyosung Heavy Industries ha suministrado más de 16,000 unidades GIS a nivel mundial desde 1980, las cuales cumplen con normas internacionales como IEC, IEEE y KS. Nuestra línea de productos, con un rango de voltaje de 72kV a 800kV, y corriente de corte de hasta 80kA, puede satisfacer las demandas de los clientes en cuanto a fiabilidad, estabilidad y rentabilidad.

Específicamente, hemos desarrollado GIS ecológicos de 145kV con GWP=0 utilizando Interruptores de Vacío (V.I) y aire seco, haciéndolos adecuados para aplicaciones de turbinas eólicas a través del suministro de GIS tipo Unidad de Anillo Principal (RMU). Este enfoque puede ampliarse para proponer soluciones personalizadas para subestaciones en alta mar y en tierra.

Además, alineándonos con los objetivos de transición digital, podemos proporcionar soluciones digitales con las ventajas de espacio, instalación y mantenimiento a través de nuestros Transformadores de Instrumentos de Baja Potencia (LPIT) y Unidades de Fusión (MU) desarrollados internamente.



Figura 2 | GIS Ecológica

### • Transformadores de Potencia

Con más de 60 años de experiencia en el suministro de transformadores de ultra alta tensión, Hyosung Heavy Industries ha desarrollado programas de diseño interno altamente confiables. Esto nos permite proponer diseños que cumplan con los requisitos del cliente. Podemos diseñar y fabricar transformadores de aceite mineral, aceite sintético y éster natural.

Los transformadores ecológicos, que utilizan aceite aislante ecológico, ofrecen altas propiedades autoextinguibles y una vida útil esperada más larga debido a una mayor saturación de humedad que el aceite mineral. Su alta biodegradabilidad los convierte en una solución óptima para subestaciones marinas ambientalmente sensibles. Para transformadores ecológicos, estamos disponibles hasta 400kV 1.100MVA.

### • Reactores de Derivación

La energía eléctrica de varias fuentes como eólica y solar puede afectar negativamente la estabilidad de la red cuando se integra a través de cables.

Para contrarrestar esto, los Reactores de Derivación Fijos (FSR) se utilizan comúnmente en subestaciones marinas para compensar el componente capacitivo de los cables submarinos. En contraste, los Reactores de Derivación Variables (VSR) se utilizan en subestaciones en tierra donde la compensación de potencia reactiva varía con la generación. Los VSR, que pueden ajustar la capacidad cambiando los taps, ofrecen una respuesta económica y altamente confiable a tales situaciones.

Hyosung Heavy Industries ha suministrado VSRs capaces de amplios ajustes de voltaje a países como EE.UU., Australia y Corea, con un rango de voltaje de hasta 765kV y una capacidad de 110MVar en una sola fase y 250MVar en tres fases.



Figura 3 | Reactor de Derivación Variable



### • STATCOM (Compensador Síncrono Estático)

El STATCOM es crucial para prevenir la inestabilidad de la red y maximizar la capacidad de transmisión al cumplir con el Código de Red de fuentes de energía renovable como la eólica y solar.

Es destacable que el uso de la tecnología de convertidor de fuente de voltaje Modular Multilevel Converter (MMC) logra un mayor rendimiento, menores pérdidas y menor generación de armónicos que los convertidores tradicionales de 2-3 niveles.

Basado en nuestra tecnología desarrollada internamente, Hyosung Heavy Industries suministra productos confiables a Europa, EE.UU. y Medio Oriente. Nuestro STATCOM móvil en contenedor, desarrollado a través de la Voz del Cliente (VOC) y el análisis del mercado, ofrece una solución económica personalizada. Basados en estas tecnologías, estamos expandiendo nuestro negocio de manera más activa en el mercado global de energía eólica marina.

### • BESS/PCS

Conectar un Sistema de Almacenamiento de Energía en Baterías (BESS) a la generación de energía eólica, que tiene alta variabilidad en la salida, puede inducir la regulación de frecuencia, la estabilización de la salida y la reducción de la energía máxima.

Hyosung Heavy Industries posee una amplia gama de productos certificados por CE/UL para el Sistema de Convertidor de Potencia (PCS), el componente central de BESS. Esto nos permite proponer soluciones que maximicen la satisfacción del cliente al comprender el Código de Red de varios países y reflejar la situación de la red.

Hyosung Heavy Industries ha instalado un total de 2.7 GWh de BESS en más de siete países, incluidos EE.UU. y el Reino Unido. Notablemente, construyó el proyecto BESS más grande del continente africano en Sudáfrica.



Figura 6 | Sistema BESS Instalado en Sudáfrica



Figura 4 | Tipo de Edificio



Figura 5 | Tipo Contenedor/Móvil

 <b>Ryunki Kwon</b> <b>Gerente de Rendimiento</b> Equipo de Ingeniería de Soluciones Globales	 <b>Jiwon Lee</b> <b>Profesional</b> Equipo de Ingeniería de Soluciones Globales
---	--

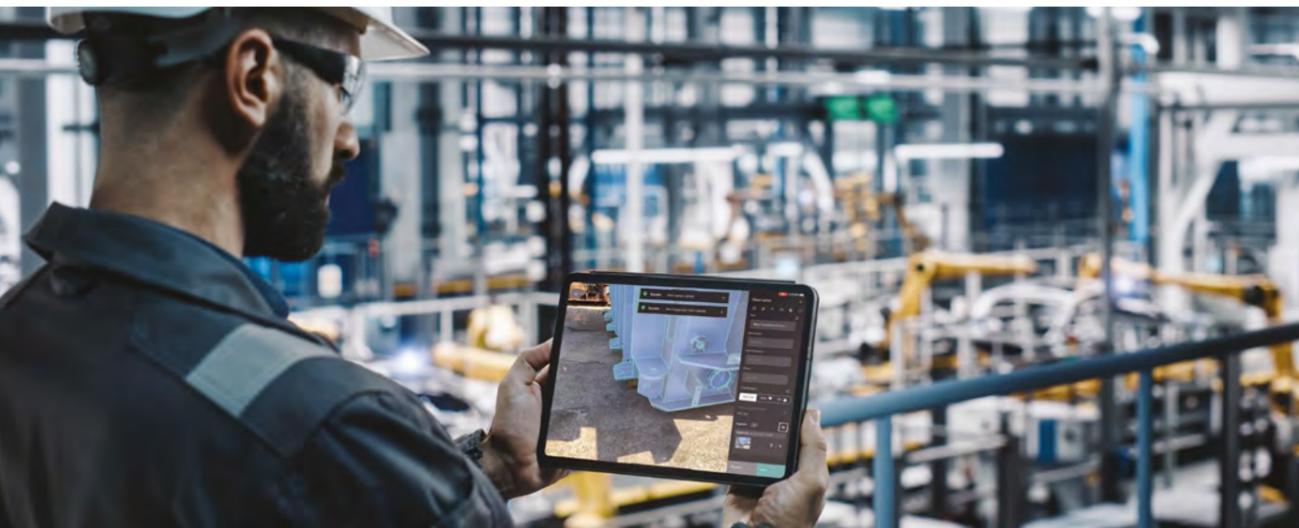
El movimiento hacia la descarbonización se está acelerando en respuesta a la crisis del calentamiento global, y la introducción de energías renovables se está intensificando en todo el mundo. En línea con esta tendencia, los países están planeando inversiones y proyectos para la generación de energía a gran escala y la energía eólica marina con requisitos de alta calidad de energía y estabilidad de la red.

Los parques eólicos marinos son típicamente de 400-500MW, pero los proyectos que superan 1GW están en expansión, especialmente en Europa. Los requisitos de los clientes son cada vez más diversos dependiendo de las diferentes escalas de capacidad de energía eólica marina. Hyosung Heavy Industries puede proponer productos de energía que satisfagan estas necesidades en evolución. Además, al desarrollar equipos de energía ecológicos, apoyamos la construcción de infraestructura sostenible y ecológica para la humanidad y el medio ambiente.

# Construcción de un Sistema Inteligente de Inspección de Calidad a través de la Introducción y Utilización de la Realidad Aumentada (Sistemas de Inspección Visual Basados en AR)

Mejorando la Calidad y Maximizando la Eficiencia de Producción con Equipos de Próxima Generación

Junto con la Cuarta Revolución Industrial, que incluye la automatización del control, IoT/redes, big data, IA, etc., nuestra forma de trabajar está cambiando gradualmente de procesos manuales a digital/automatización. El sistema de inspección visual basado en AR, ha sido desarrollado para responder de manera flexible al entorno de fabricación cambiante, reemplazando las inspecciones humanas con modelado 3D y equipos de inspección para mejorar la calidad y la eficiencia de producción. Hyosung Heavy Industries está comprometida a mejorar la calidad y maximizar la eficiencia de producción mediante la introducción de equipos de próxima generación.



## Antecedentes para la Introducción de Equipos de Inspección Visual Basados en AR

El entorno de fabricación está experimentando una rápida transformación debido a cambios en el panorama de gestión, como restricciones en las horas laborales, disminución de la productividad debido al envejecimiento de la población, escasez de talento joven, disminución de la población, entrada en una era global de bajo crecimiento, y el cambio hacia una sociedad sin contacto y remota impulsada por COVID-19.

Los principales países desarrollados están respondiendo activamente a los cambios en las tendencias de fabricación, con la expansión de fábricas inteligentes y su avance mediante el establecimiento de estrategias de reactivación de la manufactura lideradas por el gobierno, planes de producción flexibles y de múltiples variedades, entre otros desarrollos. Para mantenerse al día con estos cambios ambientales, la construcción

de una fábrica inteligente que utilice tecnología de la información para la competitividad e innovación en la manufactura, es crucial para la supervivencia empresarial en la era de la Cuarta Revolución Industrial.

Hyosung Heavy Industries se esfuerza por realizar una gestión centrada en el cliente, lo que significa una organización que responde rápidamente a los cambios ambientales, y la aceleración de la transformación digital (DX) para la gestión de bases de datos. Al integrar la tecnología digital en todas las áreas, desde el diseño del producto hasta el envío, construyendo un sistema operativo DX, y persiguiendo actividades para una fábrica inteligente para mejorar la competitividad, a través de la digitalización de datos y la automatización de procesos, estamos dedicados a establecer un sistema de producción flexible y eficiente.

### AS-IS: Métodos de Trabajo Existentes

- Utilización de dibujos 2D con poca intuición, eficiencia laboral limitada
- Consumo de más tiempo para reducir las tasas de defectos.
- Variación en la calidad de la inspección según las habilidades individuales.

### TO-BE: Innovación Laboral Basada en AR

- Mejora de la cognición visual de los trabajadores a través de la visualización intuitiva de la información de diseño en 3D.
- Realización rápida de inspecciones externas con habilidades cognitivas mejoradas.
- Extracción automática de informes de rendimiento.
- Asignación de tiempos de inspección más cortos a los elementos de inspección más críticos.
- Refuerzo de la eficiencia en la comunicación relacionada con el diseño.

## Inspección Visual Basada en AR: Una Herramienta Innovadora de Inspección Externa

Como parte de sus iniciativas de fábrica inteligente, el equipo de Control de Calidad de Hyosung Heavy Industries ha introducido una herramienta innovadora de inspección externa, el Equipo de Inspección Visual Basado en AR, que posee las siguientes características:

- Aumenta la eficiencia de la producción a través de la aplicación en el sitio de numerosos insumos de información de diseño desarrollados para producir productos similares pero diferentes.
- Inspecciona fácilmente y aborda proactivamente los problemas de calidad del producto basados en la información de diseño en 3D, reduciendo así los costos y mejorando la satisfacción del cliente.
- Apoya inspecciones externas rápidas y eficientes utilizando información de diseño en 3D, ahorrando tiempo para inspecciones más críticas como soldaduras y pruebas de características.
- Digitaliza los resultados de las inspecciones realizadas para facilitar la impresión de informes y puede usarse de diversas maneras a lo largo del proceso de producción, incluidas las inspecciones intermedias de productos y la verificación de posiciones de dirección de soldadura.

## Componentes del Equipo de Inspección Visual Basado en AR

Twyn Studio	Twyn View	Twyn Documentation
Software de Escritorio (Windows OS)	Aplicación Móvil (iPad)	Herramienta de Generación de Informes de Resultados de Inspección
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crea un Gemelo Digital basado en la información de diseño CAD.</li> <li>• Transfiere datos a dispositivos externos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visualiza la información de diseño en 3D y sirve como una aplicación de herramienta de inspección</li> <li>• Proporciona seguimiento continuo automatizado de objetos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genera informes de resultados de conformidad</li> </ul>

## Efectos de la Inspección Visual Basada en AR

- Eficacia mejorada de la inspección: Previene la transferencia de productos defectuosos en apariencia externa y tamaño al siguiente paso del proceso.
- Eficiencia de inspección mejorada: Reducción promedio del 95% en comparación con los métodos de inspección tradicionales.

Rango de Productos	Componente - Nombre	Tiempo de Inspección (minutos)		
		Antes de la Introducción	Después de la Introducción	Tasa de Reducción
TR de Alta Tensión	Tanque	180	6	97%
	Tapa del Tanque	60	6	90%
	Conservador	120	3	98%
TR General	Tanque	120	6	95%
	Tapa del Tanque	60	6	90%
	Conservador	90	3	97%
Inspección Visual Basada en AR		105	5	95%



**Cheolwoo Baek Gerente de Rendimiento**  
Equipo de Control de Calidad

Hyosung Heavy Industries está mejorando de manera innovadora la productividad y la calidad mediante la automatización de los procesos de inspección. Planea maximizar los beneficios tanto para los clientes como para la empresa analizando los datos recopilados y aplicándolos para mejoras en los productos y procesos.

## Inspección Visual Basada en AR

Como parte de las actividades de fábrica inteligente, el equipo de control de calidad de Hyosung Heavy Industries introdujo los 'sistemas de inspección visual basados en AR', una herramienta innovadora de inspección de apariencia, para mejorar la productividad y la calidad, que tiene las siguientes características.

- Utilización en Inspección de Recepción: Componentes.

Superposición del modelado 3D y el artículo inspeccionado.



Detección de defectos a través de la inspección.



- Utilización en Inspección Final: Productos.

Superposición del modelado 3D y el artículo inspeccionado.



# HYOSUNG HEAVY INDUSTRIES



## Sistemas de Energía PU

- Produce el 70% de los productos básicos necesarios para el suministro de energía en Corea
- Participa en el establecimiento de una base de producción en EE.UU., China e India y en la construcción de una infraestructura energética global
- Instalaciones eléctricas / Sistemas eléctricos / Soluciones digitales / Soluciones de soldadura



## Maquinaria Industrial PU

- Fabricante y vendedor de motores eléctricos número 1 de Corea
- Realiza negocios de ingeniería de sistemas con una amplia gama de productos industriales
- Motores / Generadores / Máquinas industriales / Soluciones de engranaje



## División de Negocio de Energía Eólica

- El primer desarrollador de Corea de sistemas de generación de energía eólica de 750kW, 2MW y 5,5MW
- Ofrece soluciones integrales en el ámbito de la energía eólica, como componentes básicos de energía eólica, turbinas de energía eólica, EPC y O&M



## Construcción PU

- Es la primera empresa de Corea en introducir edificios residenciales de tipo villa
- Participa en varios proyectos de construcción, como apartamentos y edificios de oficinas



Hyosung Heavy Industries  
página web



Hyosung Heavy Industries  
YouTube



Hyosung Heavy Industries  
Instagram



Hyosung Heavy Industries  
Facebook



Hyosung Heavy Industries  
LinkedIn

Jefe de Publicaciones	Vicepresidente Ejecutivo Takeshi Yokota
Editor en Jefe	Vicepresidente Jungho Park
Editor	Vicepresidente Senior Kiyeoung Kweon, Vicepresidente Senior Albert T Y Park, Vicepresidente Kewchan Youn, Sundong Kwon Performance Leader, JinDaLae Kim Performance Leader, George Ciganik
Asesoramiento Técnico	Vicepresidente Youngseong Han, Vicepresidente Jaeseong Jang, Vicepresidente Sungshul Shin, Jongrak Choi Performance Leader
Ayudante de Redacción	EunJee Ryu Performance Manager
Lugar de Publicación	Hyosung Heavy Industries Corporation

Todos los derechos reservados Hyosung Heavy Industries Corporation