



International Electricity Networks and Decarbonization: Analysis of the NordLink and NorthConnect Projects

Redes eléctricas internacionales y descarbonización: análisis de los proyectos NordLink y NorthConnect

Janice J. de Oliveira Neves¹  

Maria de Fátima Francisco Bandeira Henriques²  

¹ Doutora em Ciências da Educação. Diretora Geral do Instituto Nacional de Educação Especial, do Ministério da Educação, Angola.

² Doutora em Ciências Pedagógicas. Instituto Superior Politécnico do Bengo.

Recibido: 16-10-2025 | Revisado: 12-11-2025 | Aceptado: 02-12-2025 | Publicado: 03-12-2025

ABSTRACT

The energy transition in Northern Europe has driven rapid growth in renewable energy sources, creating new challenges for electricity transmission infrastructure. The expansion of wind and solar projects has generated imbalances between energy production areas and major consumption centers, exposing limitations in traditional power grids. In this context, high-voltage direct current (HVDC) interconnectors have become a strategic alternative to strengthen energy integration, improve system stability, and facilitate electricity exchange between countries. This research aimed to analyze the socio-technical, regulatory, and institutional factors influencing the development of HVDC projects in Northern Europe through a comparative study of the NordLink and NorthConnect projects. The methodology adopted a qualitative, descriptive, and comparative approach based on documentary review and content analysis of technical reports, academic publications, and institutional documents. The findings revealed that institutional coordination, regulatory stability, and political support are determining factors for the success of these projects. While NordLink was successfully implemented and became operational, NorthConnect faced political and regulatory barriers that limited its progress. The study concludes that the energy transition requires not only technological innovation but also governance mechanisms capable of accelerating the expansion of international electricity networks. Strengthening coordination among governments, regulators, and transmission operators is essential to ensure efficient renewable energy integration and support long-term decarbonization goals across Europe.

Keywords: energy transition, HVDC interconnectors, energy governance, electricity infrastructure.

RESUMEN

La transición energética en Europa del Norte ha impulsado un crecimiento acelerado de las energías renovables, generando nuevos desafíos para las infraestructuras de transmisión eléctrica. El incremento de proyectos eólicos y solares ha provocado desequilibrios entre las zonas de generación y los principales centros de consumo, evidenciando limitaciones en las redes eléctricas tradicionales. En este contexto, los interconectores de corriente continua de alto voltaje (HVDC) se han convertido en una alternativa estratégica para fortalecer la integración energética, mejorar la estabilidad del sistema y facilitar el intercambio de electricidad entre países. La presente investigación tuvo como objetivo analizar los factores socio-técnicos, regulatorios e institucionales que influyen en el desarrollo de proyectos HVDC en Europa del Norte, mediante un estudio comparativo de los proyectos NordLink y NorthConnect. La metodología utilizada correspondió a un enfoque cualitativo, descriptivo y comparativo, basado en revisión documental y análisis de contenido de informes técnicos, publicaciones académicas y documentos institucionales. Los resultados evidenciaron que la coordinación institucional, la estabilidad regulatoria y el respaldo político son factores determinantes para el éxito de estos proyectos. Mientras NordLink logró consolidarse como una infraestructura operativa, NorthConnect enfrentó obstáculos políticos y regulatorios que limitaron su avance. Se concluye que la transición energética requiere no solo innovación tecnológica, sino también mecanismos de gobernanza capaces de acelerar la expansión de las redes eléctricas internacionales.

Palabras clave: transición energética, interconectores HVDC, gobernanza energética, infraestructura eléctrica.

INTRODUCCIÓN

La transición energética en Europa del Norte ha impulsado una expansión acelerada de las fuentes renovables, especialmente de la energía eólica y solar, generando nuevas exigencias sobre los sistemas eléctricos nacionales e internacionales. El incremento sostenido de la generación renovable ha evidenciado limitaciones estructurales en las redes de transmisión existentes, particularmente por la distancia entre las zonas de producción energética y los principales centros de consumo. Esta situación ha provocado congestión en las redes, restricciones en la conexión de nuevos proyectos y mayores niveles de vertimiento o curtailment de energía renovable, afectando la eficiencia de los sistemas eléctricos y retrasando los objetivos de descarbonización establecidos por distintos países europeos.

En este contexto, la expansión y modernización de las infraestructuras de transmisión eléctrica se ha convertido en un elemento estratégico para garantizar la integración efectiva de energías limpias. Entre las principales soluciones tecnológicas destacan los interconectores de corriente continua de alto voltaje (HVDC), los cuales permiten transportar grandes volúmenes de electricidad a largas distancias y conectar sistemas eléctricos con diferentes características operativas. Estas infraestructuras facilitan el intercambio energético entre países, incrementan la estabilidad de las redes y contribuyen al aprovechamiento más eficiente de la generación renovable disponible en distintas regiones.

No obstante, el desarrollo de proyectos HVDC implica procesos complejos que trascienden los aspectos estrictamente técnicos. La implementación de estas infraestructuras depende de marcos regulatorios, decisiones políticas, mecanismos de financiamiento, aceptación social y coordinación entre múltiples actores institucionales. Debido a ello, muchos proyectos enfrentan retrasos prolongados, modificaciones regulatorias o incluso cancelaciones, a pesar de existir una necesidad creciente de expansión de las redes eléctricas. Estas dificultades reflejan la naturaleza socio-técnica de las transformaciones energéticas contemporáneas, donde las decisiones tecnológicas están profundamente influenciadas por factores económicos, políticos e institucionales.

El estudio de los proyectos NordLink y NorthConnect permite comprender cómo diferentes condiciones institucionales y procesos de gobernanza pueden conducir a resultados divergentes dentro de iniciativas tecnológicamente similares. Mientras NordLink logró consolidarse como un interconector operativo entre Noruega y Alemania, NorthConnect experimentó obstáculos regulatorios y políticos que limitaron su avance. El análisis comparativo de ambos casos ofrece una oportunidad para examinar los factores que facilitan o dificultan la ejecución de grandes proyectos de infraestructura eléctrica en el marco de la transición energética europea.

Desde una perspectiva teórica, la investigación se apoya en los enfoques de los sistemas tecnológicos de gran escala y en los estudios de transición socio-técnica, los cuales permiten analizar cómo las infraestructuras energéticas evolucionan mediante procesos de adaptación institucional, innovación tecnológica y toma de decisiones estratégicas. Asimismo, el concepto de puntos críticos de bifurcación contribuye a identificar momentos decisivos en los proyectos, donde las acciones de gobiernos, reguladores y operadores del sistema influyen directamente en la continuidad, aceleración o estancamiento de las iniciativas.

En consecuencia, el análisis de los interconectores HVDC no solo resulta relevante para comprender los desafíos técnicos de la integración renovable, sino también para evaluar las capacidades institucionales necesarias para coordinar transiciones energéticas aceleradas. De esta manera, el estudio contribuye al debate académico sobre infraestructura energética, gobernanza de redes eléctricas y transformación de sistemas socio-técnicos en escenarios de descarbonización global.

MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de tipo descriptivo, comparativo y analítico, orientado a examinar los factores socio-técnicos, regulatorios e institucionales que influyen en el desarrollo de proyectos de interconexión eléctrica HVDC en Europa del Norte. El estudio se centró específicamente en el análisis comparativo de los proyectos NordLink y NorthConnect, seleccionados debido a sus resultados divergentes dentro de un contexto tecnológico similar: mientras NordLink alcanzó su implementación y operación, NorthConnect experimentó un proceso de estancamiento regulatorio y político.

El diseño metodológico adoptado correspondió a un estudio de casos múltiples, debido a que esta estrategia permite comprender fenómenos complejos dentro de su contexto real, especialmente cuando intervienen múltiples actores, procesos regulatorios y dinámicas institucionales. La comparación entre ambos proyectos permitió identificar diferencias en los mecanismos de gobernanza, toma de decisiones, coordinación institucional y gestión de conflictos asociados a la expansión de infraestructuras energéticas de gran escala.

La investigación se sustentó en el enfoque socio-técnico de los sistemas tecnológicos de gran escala y en los estudios de transición energética, integrando elementos conceptuales relacionados con dependencia de trayectoria, puntos críticos de bifurcación y procesos de reconfiguración institucional. A partir de este marco conceptual, se analizaron los momentos decisivos que condicionaron el avance, retraso o interrupción de los proyectos estudiados.

Para la recopilación de información se empleó la técnica de revisión documental y análisis de contenido. Se examinaron informes técnicos, planes de desarrollo energético, documentos regulatorios, publicaciones institucionales, artículos científicos, reportes de organismos internacionales y documentos elaborados por operadores de sistemas eléctricos europeos. Entre las principales fuentes consultadas se incluyeron publicaciones de ENTSO-E, la Agencia Internacional de Energía (IEA), la Comisión Europea, operadores de transmisión eléctrica y literatura académica especializada en transición energética e infraestructura eléctrica.

El proceso de análisis se desarrolló en varias etapas. En primer lugar, se realizó una caracterización técnica y funcional de los interconectores HVDC y de su papel dentro de la integración de energías renovables en Europa del Norte. Posteriormente, se identificaron los principales actores involucrados en cada proyecto, incluyendo gobiernos, organismos reguladores, operadores de redes y empresas energéticas. Finalmente, se analizaron los puntos críticos de decisión que influyeron en la evolución de NordLink y NorthConnect, evaluando factores técnicos, económicos, políticos y sociales asociados a sus trayectorias.

El análisis comparativo permitió establecer similitudes y diferencias entre ambos casos en aspectos relacionados con planificación, aceptación institucional, regulación energética, coordinación internacional y viabilidad política. Asimismo, se examinó cómo las dinámicas de aceleración de la transición energética interactúan con procesos regulatorios tradicionalmente lentos y altamente dependientes de marcos institucionales consolidados.

La validez de la investigación se fortaleció mediante la triangulación de fuentes documentales, contrastando información proveniente de organismos oficiales, publicaciones académicas y documentos técnicos especializados. Este procedimiento permitió garantizar coherencia analítica y mayor confiabilidad en la interpretación de los resultados obtenidos.

Finalmente, la investigación mantuvo un carácter no experimental, debido a que no se manipularon variables ni se intervinieron los fenómenos estudiados, sino que se analizaron acontecimientos ya desarrollados dentro de su contexto histórico, político y tecnológico. La metodología aplicada permitió comprender de manera integral las condiciones que favorecen o limitan el desarrollo de grandes infraestructuras eléctricas necesarias para la transición energética contemporánea.

RESULTADOS

El análisis comparativo de los proyectos NordLink y NorthConnect permitió identificar diferencias significativas en los factores institucionales, regulatorios y políticos que condicionan el desarrollo de infraestructuras HVDC en Europa del Norte. Aunque ambos proyectos compartían características técnicas similares y buscaban fortalecer la integración energética entre países europeos mediante el transporte de electricidad renovable, los resultados obtenidos evidenciaron trayectorias claramente divergentes.

En el caso de NordLink, se observó un alto nivel de coordinación entre gobiernos, operadores de transmisión y organismos reguladores, lo que facilitó la aprobación progresiva del proyecto y su posterior entrada en operación. La existencia de marcos regulatorios relativamente estables, junto con objetivos energéticos alineados entre Noruega y Alemania, contribuyó a reducir conflictos institucionales y acelerar la toma de decisiones. Asimismo, se identificó una fuerte articulación entre las políticas de expansión de energías renovables y las estrategias de modernización de redes eléctricas, favoreciendo la viabilidad técnica y económica del proyecto.

Por el contrario, el proyecto NorthConnect presentó mayores niveles de incertidumbre política y oposición institucional. Los resultados muestran que las preocupaciones relacionadas con los posibles impactos sobre los precios de electricidad en Noruega, la participación de actores privados y los debates sobre soberanía energética generaron retrasos en los procesos regulatorios. Estas tensiones provocaron una pérdida de impulso político y dificultaron la obtención de autorizaciones necesarias para la ejecución del proyecto.

El estudio también evidenció que los proyectos HVDC dependen no únicamente de su viabilidad técnica, sino de la capacidad institucional para coordinar actores con intereses distintos. Los puntos críticos de decisión identificados durante el análisis demostraron que cambios regulatorios, debates públicos o modificaciones en las prioridades gubernamentales pueden alterar significativamente la trayectoria de los proyectos, incluso cuando existe necesidad técnica de expansión de las redes eléctricas.

Otro resultado relevante fue la identificación de una brecha temporal entre la velocidad de crecimiento de las energías renovables y la capacidad de expansión de las infraestructuras de transmisión. Mientras la generación eólica y solar presenta una rápida aceleración en distintos países europeos, los procesos de aprobación y construcción de redes eléctricas continúan sujetos a dinámicas administrativas y regulatorias de largo plazo. Esta descoordinación incrementa riesgos de congestión, vertimiento de energía renovable y limitaciones para nuevas conexiones al sistema eléctrico.

Además, se observó que la aceptación política y social constituye un factor determinante para el éxito de los proyectos de interconexión. En el caso de NordLink, la percepción de beneficios económicos y de seguridad energética fortaleció el respaldo institucional, mientras que en NorthConnect predominaron debates relacionados con riesgos económicos internos y dependencia de mercados externos.

Los resultados obtenidos confirman que la transición energética requiere procesos de gobernanza más flexibles y coordinados, capaces de integrar simultáneamente innovación tecnológica, regulación energética y planificación territorial. En consecuencia, el desarrollo exitoso de futuras infraestructuras HVDC dependerá tanto de avances tecnológicos como de la capacidad de los sistemas institucionales para responder a los desafíos de una transición energética acelerada.

Tabla 1. Ejemplo de tabla comparativa de resultados

Aspecto analizado	NordLink	NorthConnect
Estado del proyecto	Operativo	Estancado
Participación gubernamental	Alta coordinación institucional	Debates y desacuerdos regulatorios
Aceptación política	Favorable	Controversial
Impacto esperado	Integración renovable y estabilidad energética	Riesgo percibido sobre precios eléctricos
Progreso regulatorio	Licencias aprobadas	Procesos detenidos
Resultado final	Implementación exitosa	Paralización del proyecto

Ejemplo de interpretación de resultados

Los hallazgos indican que la existencia de objetivos energéticos compartidos y mecanismos regulatorios coordinados favorece la implementación de proyectos de transmisión internacional. Asimismo, se evidenció que la incertidumbre política puede transformarse en un obstáculo determinante incluso en proyectos técnicamente viables. Esto demuestra que la expansión de redes eléctricas para la transición energética depende de procesos socio-técnicos complejos donde la gobernanza y la coordinación institucional son elementos fundamentales.

Tabla 2. Ejemplo de análisis de factores críticos

Factor crítico	Influencia en NordLink	Influencia en NorthConnect
Regulación energética	Facilitó el desarrollo	Generó retrasos
Coordinación institucional	Estable y continua	Fragmentada
Percepción pública	Beneficios energéticos	Riesgos económicos
Relación internacional	Cooperación bilateral sólida	Tensiones políticas
Planificación estratégica	Integrada a metas climáticas	Menor consenso estratégico

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian que el desarrollo de proyectos de interconexión eléctrica HVDC no depende exclusivamente de factores tecnológicos o económicos, sino de una interacción compleja entre elementos institucionales, regulatorios, políticos y sociales. La comparación entre NordLink y NorthConnect demuestra que incluso proyectos diseñados bajo condiciones técnicas similares pueden experimentar trayectorias completamente distintas debido a diferencias en los procesos de gobernanza y toma de decisiones.

En el caso de NordLink, la coordinación efectiva entre operadores de transmisión, gobiernos y organismos reguladores permitió consolidar un entorno favorable para la ejecución del proyecto. Esto confirma que la existencia de objetivos energéticos compartidos y marcos regulatorios relativamente estables facilita la implementación de infraestructuras estratégicas para la transición energética. Además, la alineación entre políticas de descarbonización y planificación de redes eléctricas contribuyó a reducir incertidumbres y acelerar las etapas de aprobación y construcción.

Por el contrario, NorthConnect evidenció cómo los desacuerdos políticos y regulatorios pueden convertirse en barreras determinantes para el avance de proyectos energéticos internacionales. Aunque la iniciativa respondía a necesidades reales de integración eléctrica y aprovechamiento de energías renovables, las preocupaciones relacionadas con los precios de electricidad, la participación privada y la soberanía energética generaron un contexto de incertidumbre institucional que debilitó el apoyo político. Este escenario pone de manifiesto que la aceptación social y política resulta tan importante como la viabilidad técnica en proyectos de gran escala.

Los hallazgos también permiten comprender que las infraestructuras eléctricas operan bajo dinámicas de alta dependencia institucional y temporal. Mientras las tecnologías renovables avanzan rápidamente impulsadas por objetivos climáticos y reducción de costos, los procesos regulatorios asociados a las redes eléctricas continúan caracterizándose por largos periodos de evaluación, aprobación y negociación. Esta diferencia de velocidades genera una desarticulación entre generación renovable y capacidad de transmisión, incrementando problemas de congestión y limitando la integración eficiente de nuevas fuentes energéticas.

Asimismo, el análisis demuestra que las decisiones tomadas en momentos críticos pueden modificar significativamente la trayectoria de los proyectos. Cambios regulatorios, debates públicos o variaciones en las prioridades gubernamentales influyen directamente en la continuidad de las iniciativas, reflejando el carácter dinámico y socio-técnico de las transiciones energéticas. En este sentido, los proyectos HVDC representan no solo infraestructuras tecnológicas, sino también espacios de negociación política y coordinación institucional.

Otro aspecto relevante identificado en los resultados es el papel estratégico de los interconectores en la estabilidad de los sistemas eléctricos europeos. La posibilidad de transferir energía entre países permite compensar variaciones en la generación renovable y fortalecer la seguridad energética regional. Sin embargo, los beneficios potenciales de estas infraestructuras pueden verse limitados cuando existen marcos regulatorios fragmentados o ausencia de consenso político respecto a su implementación.

En términos generales, la investigación confirma que la transición energética requiere una transformación simultánea de tecnologías, instituciones y modelos de gobernanza. No basta con incrementar la capacidad de generación renovable si las redes eléctricas y los mecanismos regulatorios no evolucionan al mismo ritmo. Por ello, resulta fundamental fortalecer la cooperación internacional, simplificar procedimientos administrativos y promover estrategias integradas de planificación energética que permitan acelerar el desarrollo de infraestructuras críticas para la descarbonización.

Finalmente, los resultados obtenidos aportan evidencia sobre la importancia de incorporar enfoques socio-técnicos en el análisis de proyectos energéticos. El estudio de NordLink y NorthConnect demuestra que las transiciones energéticas no son procesos lineales ni exclusivamente tecnológicos, sino transformaciones complejas condicionadas por relaciones institucionales, intereses económicos y dinámicas políticas que influyen directamente en el éxito o fracaso de las iniciativas de infraestructura eléctrica.

CONCLUSIÓN

La expansión de las energías renovables en Europa del Norte ha incrementado la necesidad de modernizar y fortalecer las infraestructuras de transmisión eléctrica para garantizar la integración eficiente de nuevas fuentes de generación. En este contexto, los interconectores HVDC representan una solución estratégica para reducir congestiones, mejorar la estabilidad de los sistemas eléctricos y facilitar el intercambio energético entre países. Sin embargo, el desarrollo de estas infraestructuras depende de procesos complejos que involucran factores técnicos, regulatorios, políticos y sociales.

El análisis comparativo de los proyectos NordLink y NorthConnect permitió evidenciar que la viabilidad de los proyectos de interconexión eléctrica no está determinada únicamente por su capacidad tecnológica o económica, sino también por el nivel de coordinación institucional y estabilidad regulatoria existente en cada contexto nacional. Mientras NordLink logró avanzar gracias a una articulación efectiva entre gobiernos, operadores y reguladores, NorthConnect enfrentó obstáculos asociados a incertidumbres políticas, debates sobre soberanía energética y falta de consenso institucional.

Los resultados obtenidos demuestran que las transiciones energéticas aceleradas requieren mecanismos de gobernanza más flexibles y coordinados, capaces de responder a la velocidad de crecimiento de las energías renovables. La persistencia de procedimientos regulatorios lentos y altamente dependientes de estructuras institucionales tradicionales limita la capacidad de expansión de las redes eléctricas y genera desequilibrios entre generación y transmisión energética.

Asimismo, la investigación confirma que los proyectos de infraestructura eléctrica constituyen procesos socio-técnicos complejos donde las decisiones políticas y regulatorias pueden modificar significativamente las trayectorias de desarrollo. Los puntos críticos de decisión identificados en ambos casos evidencian la importancia de la planificación estratégica, la cooperación internacional y la construcción de consensos para garantizar el éxito de futuras iniciativas de interconexión energética.

En consecuencia, el fortalecimiento de las redes eléctricas internacionales debe considerarse una prioridad dentro de las políticas de transición energética y descarbonización. La capacidad de integrar energías renovables de manera eficiente dependerá no solo de avances tecnológicos, sino también de la implementación de marcos institucionales que favorezcan la coordinación entre actores, reduzcan barreras regulatorias y permitan acelerar el desarrollo de infraestructuras estratégicas para un sistema energético más sostenible y resiliente.

Referencias

1. Andersen, A. D., & Markard, J. (2020). Multi-technology interaction in socio-technical transitions: How recent dynamics in HVDC technology can inform transition theories. *Technological Forecasting and Social Change*, 151, 119802. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119802>
2. European Commission. (2020). Technical requirements for connection to HVDC grids in the North Sea. https://energy.ec.europa.eu/publications/technical-requirements-connection-hvdc-grids-north-sea_en
3. Foxon, T. J., Pearson, P. J., Arapostathis, S., Carlsson-Hyslop, A., & Thornton, J. (2020). Branching points for transition pathways: Assessing responses of actors to challenges on pathways to a low carbon future. *Energy Policy*, 52, 146–158. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.04.030>
4. Geels, F. W., Kern, F., & Clark, W. C. (2023). Sustainability transitions in consumption-production systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(47), e2310070120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2310070120>
5. IEA. (2023). Electricity grids and secure energy transitions. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/electricity-grids-and-secure-energy-transitions>
6. ENTSO-E. (2023). ENTSO-E transmission system map. <https://www.entsoe.eu/data/map/>
7. European Commission. (2023). Grids, the missing link – An EU action plan for grids. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2023%3A757%3AFIN>
8. Markard, J., Geels, F. W., & Raven, R. (2020). Challenges in the acceleration of sustainability transitions. *Environmental Research Letters*, 15(8), 081001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab9468>
9. NESO. (2024). Beyond 2030. <https://www.neso.energy/publications/beyond-2030>
10. NorthConnect. (2024). FAQ. <https://northconnect.co.uk/faq>
11. Silvester, B. (2024). Hesitation at increasing integration: The techno-economic-political feasibility (TEPF) of Norway expanding cross-border electricity interconnection to Europe. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4790178>
12. National Audit Office. (2023). Decarbonising the power sector. <https://www.nao.org.uk/reports/decarbonising-the-power-sector/>
13. ENTSO-E. (2025). TYNDP 2024: Europe's electricity infrastructure plan. <https://www.entsoe.eu/outlooks/tyndp/2024/#reports>
14. Lindemann, A. (2025). Electricity transmission in transition: A socio-technical analysis of interconnector and domestic high voltage direct current projects in Northern Europe (Doctoral dissertation). <http://dx.doi.org/10.7488/era/6338>
15. CIGRE. (2021). Connecting two synchronous areas with an HVDC link: The NordLink interconnector. <https://cse.cigre.org/cse-n024/connecting-two-synchronous-areas-with-an-hvdc-link-the-nordlink-interconnector.html>
16. Skopljak, N. (2023). Norway-UK interconnector hits a snag with license application refusal. *Offshore Energy*. <https://www.offshore-energy.biz/norway-uk-interconnector-hits-a-snag-with-license-application-refusal/>

Financiación

Ninguna.

Conflictos de interés

No existen.

Contribución de autoría

Redacción - borrador original: Janice J. de Oliveira Neves, Maria de Fátima Francisco Bandeira Henriques.

Redacción - revisión y edición: Janice J. de Oliveira Neves, Maria de Fátima Francisco Bandeira Henriques.