## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

| | |
|---|---|
| **AUTORES** | Andrés Eduardo Rodríguez Sandoval<br>Romario Duran Osorio |
| **FACULTAD** | Facultad de ingeniería |
| **PLAN DE ESTUDIOS** | Especialización en Interventoría de Obras Civiles |
| **DIRECTOR** | Esp. Luis Fernando Ortega Lozano |
| **TÍTULO DE LA TESIS** | El rol de la interventoría en la ejecución de proyectos de energías renovables en Colombia: Un enfoque en la supervisión y control de obras civiles |
| **TITULO EN INGLES** | The role of supervision in the execution of renewable energy projects in Colombia: A focus on the supervision and control of civil works |


**RESUMEN** (70 palabras)

El contenido del tema a desarrollar en esta monografía, está relacionado con la interventoría de obras civiles en un enfoque relacionado a proyectos de energías renovables en Colombia, lo que conlleva la vigilancia, el control técnico y administrativo de la ejecución de obras, indicando la aplicación de la interventoría a proyectos que buscan poner en marcha fuentes de energías limpias como la solar, eólica y otras.

**RESUMEN EN INGLES**

The content of the topic to be developed in this monograph is related to the supervision of civil works in a focus related to renewable energy projects in Colombia, which entails the monitoring, technical and administrative control of the execution of works, indicating the application of supervision to projects that seek to implement clean energy sources such as solar.


| | |
|---|---|
| **PALABRAS CLAVES** | Supervisión, interventoría, técnica, construcción, energías renovables. |
| **PALABRAS CLAVES EN INGLES** | Supervision, supervision, technical, construction, renewable energy. |

| **CARACTERÍSTICAS** | | | |
|---|---|---|---|
| PÁGINAS: 59 | PLANOS: | ILUSTRACIONES: | CD-ROM: |

# El rol de la interventoría en la ejecución de proyectos de energías renovables en Colombia: Un enfoque en la supervisión y control de obras civiles

**Andrés Eduardo Rodríguez Sandoval**

**Romario Duran Osorio**

**Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña**

**Especialización en Interventoría de Obras Civiles**

**Esp. Luis Fernando Ortega Lozano**

**Agosto, 2025**

# Índice

Capítulo 1. Generalidades de la monografía ..... 6

1.1 Elección del tema ..... 6

1.2 Delimitación del tema ..... 7

1.2.1 Delimitación conceptual ..... 7

1.2.2 Delimitación operativa ..... 8

1.2.3 Delimitación geográfica ..... 8

1.3 Desarrollo del argumento ..... 9

1.4 Metodología ..... 10

1.4.1 Técnicas, instrumentos y herramientas ..... 12

Capítulo 2. Las energías renovables en Colombia ..... 13

2.1 Panorama actual en Colombia ..... 14

2.2 Tipos de energía renovable ..... 16

2.2.1 Energía solar ..... 16

2.2.2 Energía eólica ..... 17

2.2.3 Energía a partir de biomasa ..... 18

2.2.4 Hidroeléctricas ..... 19

2.2.5. Otros tipos de energía renovable ..... 20

2.3 Complicaciones y retos en la implementación de proyectos renovables. ..... 21

2.3.1 Infraestructura de conexión limitada ..... 22

2.3.2 Procesos de licenciamiento y trámites administrativos ..... 22

2.3.3 Formación técnica especializada..... 23

2.3.4 Conflictos sociales ..... 25

2.4 Importancia de la interventoría en la ejecución de proyectos de energía renovable ..... 26

Capítulo 3. Normatividad aplicable a proyectos de energía renovable ..... 28

3.1 Marco normativo nacional ..... 28

3.1.1 Ley 1715 de 2014..... 28

3.1.2 Ley 2099 de 2021..... 29

3.1.3 Decreto 2041 de 2014. ..... 29

3.1.4 Ley 99 de 1993..... 30

3.1.5 Ley 80 de 1993 y Ley 1150 de 2007..... 30

3.1.6 RETIE – Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas..... 31

3.1.7 RETILAP – Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público ..... 31

3.1.8 NSR-10 – Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente..... 32

3.2 Marco normativo internacional..... 32

3.2.1 ISO 50001:2018 - Sistema de gestión de la energía. ..... 33

3.2.2 ISO 14001:2015 – Gestión del medio ambiente..... 33

3.2.3 ISO 14064 – Huella de carbono y gases de efecto invernadero ..... 34

3.2.4 Estándares del Global Reporting Initiative (GRI) ..... 34

3.2.5 International Green Construction Code (IGCC) ..... 34

3.2.6 Banco Mundial Interamericano de Desarrollo ..... 35

Capítulo 4. El rol de la interventoría en proyectos de energías renovables ..... 36

4.1 Casos de interventoría en proyectos de energía renovable ..... 36

4.1.1 Parque solar El Paso (Cesar) ..... 37

4.1.2 Parque solar La Loma (Cesar) ..... 37

4.1.3 Parque solar Guayepo I&II (Atlántico) ..... 38

4.2 Etapas del proyecto donde interviene la interventoría ..... 39

4.2.1 Etapa de planificación ..... 40

4.2.2 Etapa de ejecución ..... 41

4.2.3 Etapa de cierre ..... 43

4.3 Actividades de la interventoría en proyectos de energía renovable ..... 44

4.4 Retos de la interventoría en proyectos de energías renovables y cómo afrontarlos 46

Conclusiones ..... 50

Referencias ..... 52

# Índice de tablas

**Tabla 1.** Información de los proyectos de energías renovables, casos de estudio ..... 39

**Tabla 2.** Actividades de la interventoría en la etapa de planificación..... 41

**Tabla 3.** Actividades de la interventoría en la etapa de ejecución. ..... 42

**Tabla 4.** Actividades de la interventoría en la etapa de cierre. ..... 43

**Tabla 5.** Funciones de la interventoría en proyectos de energía renovable. ..... 46

**Tabla 6.** Retos de la interventoría y cómo afrontarlos ..... 48

**Tabla 7.** Buenas prácticas en el rol del interventor. ..... 49

# Capítulo 1. Generalidades de la monografía

## 1.1 Elección del tema

El contenido del tema a desarrollar en esta monografía, está relacionado con la interventoría de obras civiles en un enfoque relacionado a proyectos de energías renovables en Colombia, lo que conlleva la vigilancia, el control técnico y administrativo de la ejecución de obras, indicando la aplicación de la interventoría a proyectos que buscan poner en marcha fuentes de energías limpias como la solar, eólica y otras formas de energías no convencionales.

La interventoría de obras civiles tiene como propósito el poder verificar que el proyecto se ejecute acorde a los diseños, especificaciones técnicas, normativas legales y los plazos establecidos, posiblemente, vigilancia del uso de los recursos humanos y materiales que se debieron ejercer en la construcción de la obra (Sánchez, 2010). En el caso de los proyectos de energías renovables, su importancia está dada en que implica no solo la construcción de infraestructuras eficientes, sino el poder cumplir con las normativas ambientales y técnicas que quedan asociadas a las energías limpias (Aldana, 2015).

Para ello, los proyectos de energías renovables deben considerar que las estructuras físicas como fundaciones, torres, sistemas de soporte, etc., deben cumplir con la calidad para su seguridad y durabilidad, la cual está basada en una adecuada vigilancia para el cumplimiento de normativas ambientales y de sostenibilidad, donde su efecto en el entorno sea el menor posible,

en relación a las pautas que rigen la sostenibilidad de los proyectos de energías renovables (Hernández & Pinto, 2022).

En este sentido, el área de la interventoría de obras civiles en energías renovables se encuentra relacionada con distintas disciplinas, ya que para el análisis de la aplicación de las energías limpias y renovables en el marco de la de obras civiles, se necesita una comprensión técnica respecto a los sistemas energéticos y su aplicación en la infraestructura física. abarcando disciplinas en el ámbito de la ingeniería civil y ambiental, gestión de proyectos, normativas técnicas (Valenzuela, 2020)

## 1.2 Delimitación del tema

### *1.2.1 Delimitación conceptual*

La investigación se orienta hacia la importancia del rol de la interventoría en la ejecución de proyectos de energías renovables y contempla los conceptos técnicos, administrativos y normativa relacionada con la supervisión y el control de obras civiles. Conceptualmente, se hace necesario profundizar en cómo se asegura el cumplimiento de la calidad junto con el cumplimiento de la normativa ambiental en relación con proyectos de infraestructura relacionados con energías limpias (solar, eólica, etc.). Por esa razón, conviene identificar el concepto de interventoría como herramienta de control y de garantía en la ejecución de este tipo de proyectos, así como también la adecuación de sus funciones exigidas en infraestructura para

las energías renovables, la cual está marcada por la integración de tecnologías específicas y una normativa específica.

### *1.2.2 Delimitación operativa*

El presente trabajo se centrará en los proyectos de energías renovables que se encuentren en fase de ejecución o finalizados en Colombia. A partir de los proyectos analizados, se abordarán las prácticas y procedimientos de la interventoría relacionados a proyectos de energías renovables, revisando en esos casos el papel que asumen los interventores en la supervisión de las obras de ingeniería civil, el uso de los recursos, y el uso de las normas ambientales. El estudio incluiría el análisis de casos y supervisión de proyectos de energía renovable. Se revisarán, además, las normas colombianas aplicables.

### *1.2.3 Delimitación geográfica*

El presente trabajo se centrará en los diversos proyectos llevados a cabo en Colombia, dado que se han estado promoviendo políticas públicas en torno a las energías renovables como parte de sus compromisos en materia ambiental internacional. Se estudiarán proyectos ejecutados en distintas zonas del país, entre ellos en zonas del país con un alto potencial de energía solar como, por ejemplo, la Guajira.

## 1.3 Desarrollo del argumento

La interventoría como rol en proyectos de energías renovables en Colombia, es un factor decisivo para garantizar la correcta ejecución de las obras civiles, el cumplimiento de los estándares técnicos y normativos, y la sostenibilidad ambiental de los proyectos (Sánchez, 2010). Dado el auge de estas tecnologías limpias, la intervención oportuna y eficiente en cada fase del proyecto asegura no solo la calidad y seguridad de las infraestructuras, sino también la viabilidad económica y el impacto positivo en el medio ambiente (Amaya, 2016).

Colombia está decidida a diversificarse en su matriz energética, y el desarrollo de proyectos de energías renovables ha ganado gran importancia en los últimos años. Estos proyectos permiten no sólo mitigar la huella de carbono, sino que permiten el desarrollo económico de regiones que tienen un alto potencial energético (Rincón & Camargo, 2018). Todo ello propicia a que surja la necesidad de un estricto control durante la ejecución de los mismos y que garantice que los proyectos cumplan con los requerimientos mínimos.

Los proyectos de energías renovables se encuentran regulados por normativas que regulan el impacto ambiental que generan, por lo que la tarea de un interventor, se vuelve parte fundamental del proyecto, ya que la adecuada supervisión de estos aspectos reviste gran importancia para que sea un éxito y que contribuya a la sostenibilidad (Torres, 2016). La interventoría garantiza el cumplimiento de los requisitos ambientales, pero, al mismo tiempo, es garante de la responsabilidad social y ambiental del proyecto.

Para respaldar el desarrollo de la temática, se hará uso de la evaluación de casos de estudio de proyectos de energías renovables en Colombia, de manera que de identificar buenas prácticas y las continuas dificultades que tiene la interventoría. Estos casos se configuran como una evidencia concreta del impacto que tiene el rol del interventor en la calidad final de las infraestructuras y el cumplimiento de la normativa.

Finalmente se propondrán estrategias para apoyar la intervención en proyectos de este tipo, destacando la necesidad de especialización en torno a tecnologías limpias, la mayor coordinación con las entidades ambientales y el uso de herramientas tecnológicas para la supervisión remota y el seguimiento continuo de las obras.

### 1.4 Metodología

La metodología a presentar, hace uso de un enfoque aplicado, ya que intenta analizar y evaluar el rol de la interventoría en los proyectos de energías renovables en Colombia con el objetivo de proponer mejoras prácticas en la supervisión y el control de las obras civiles. De esta forma, los resultados del estudio permitirán ser aplicados en situaciones reales, mejorando con ello los procesos de interventoría en el ámbito de las energías renovables específicamente.

El trabajo presentado, se centra en el análisis de proyectos de energías renovables que han sido finalizados, así como aquellos que se encuentran en el proceso de ejecución para aplicar una metodología cualitativa y trabajar en el análisis de casos de estudio, utilizando a su vez el enfoque de estudio aplicado para favorecer la identificación de problemas y la propuesta de unas estrategias de buenas prácticas que puedan ser detectadas en esos procesos.

El proceso de investigación constará de varias etapas. En primer lugar, se realizará una revisión de la normativa colombiana sobre interventoría de obras civiles y energías renovables, así como de estudios previos sobre el tema, informes técnicos, artículos, trabajos de grado, libros y proyectos relacionados. Esta etapa permitirá establecer el marco conceptual y normativo que rige la interventoría en el contexto de energías renovables.

Se escogerán tres proyectos de energías renovables en Colombia (parques solares, eólicos u otras fuentes renovables) para analizar cómo se ha desempeñado la interventoría en cada uno de ellos.

Los datos recolectados de la revisión documental, los casos de estudio y las entrevistas se analizarán para identificar patrones comunes, desafíos en la implementación de la interventoría y áreas de mejora. Se empleará un enfoque cualitativo basado en el análisis temático, agrupando las respuestas y hallazgos por categorías clave.

### *1.4.1 Técnicas, instrumentos y herramientas*

Para la recolección de información se tomará en cuenta los documentos normativos, informes técnicos y los proyectos de energías renovables escogidos, con el objetivo de entender cómo se ha ejecutado la interventoría y cómo se ha cumplido con los requerimientos legales y técnicos. Se llevará a cabo un análisis comparativo de estos proyectos para identificar cómo se ha implementado y desempeñado la interventoría en cada caso, detallando los desafíos enfrentados y estrategias que han sido efectivas.

## Capítulo 2. Las energías renovables en Colombia

Para abordar el desarrollo de esta monografía, este capítulo pretende dar a conocer la información necesaria para comprender lo relacionado a las energías renovables, de manera que se contextualice sobre su funcionamiento y normativas aplicables. Partiendo de allí, se dice que este tipo de energías, usan como fuente los recursos naturales que son capaces de regenerarse o mantenerse de forma indefinida con el paso del tiempo, como lo son el viento, el agua, la radiación solar, el calor interno del planeta o la biomasa (Velasco, 2009). Una de las principales características de estas fuentes de energía, es su bajo impacto ambiental, en comparación con los combustibles de tipo fósil, ya que estos generan una huella de carbono considerable durante su procesamiento para convertirse en energía.

Hablando en un contexto global, las energías renovables son una alternativa para mitigar el cambio climático que se generan con las de combustibles fósiles, adquiriendo una gran relevancia dentro de las estrategias que plantean una transición energética y una mejor sostenibilidad del medio ambiente. Es por ello que su implementación no solo responde a los criterios ambientales mencionados, sino que también se muestra como una posibilidad de reforzar la demanda eléctrica que cada día exigen las grandes ciudades y todo el territorio nacional, reduciendo así la dependencia de los recursos que no son renovables (Cortés & Londoño, 2017).

## 2.1 Panorama actual en Colombia

Colombia es un país que cuenta con potencial para que se desarrollen energías renovables no convencionales (FNCER), como se encuentran definidas en la ley 1715 de 2014. Las condiciones geográficas, climáticas y la biodiversidad del territorio nacional, son condiciones favorables, aparte de esto, la ubicación ecuatorial del país, garantiza que durante todo el año exista una radiación solar estable (Algarín & Álvarez, 2018). En regiones como la Guajira, el viento tiene velocidades constantes ideales para proyectos eólicos. También es evidente de la abundancia del recurso hídrico para fuentes de energía que usan este recurso.

El potencial de Colombia para energías renovables se ha medido por estudios nacionales e internacionales. Según la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), en el año 2023, la capacidad instalada era de 19.9 gigavatios (GW), de los cuales el 66% hace parte de energía hidroeléctrica, con 13.2 GW. Las termoeléctricas representan el 30% con 6 GW, la cual es generada con gas y carbón. En energía solar, se cuenta con 503 megavatios (MW), siendo esta de un 3%. Por último, con apenas 1%, la energía producida por cogeneradores (180 MW).

Esto demuestra que históricamente, Colombia depende de la energía hidroeléctrica, sin embargo, ante vulnerabilidades como el fenómeno del niño, el caudal de los ríos se puede ver afectado con el paso del tiempo, afectando la demanda y la seguridad energética del país. Por tal motivo, ha entrado en rigor una ley que promueva la integración de políticas públicas que refuercen el sistema eléctrico, siendo esta la ley 1715 de 2014, como medio necesario para el

desarrollo sostenible, abastecimiento energético, reducción de emisión de gases invernadero y gestión eficiente de la energía (Rincón & Camargo, 2018).

Parte de esta política, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), como organismo de cooperación internacional, participó en un estudio para la medición del potencial de energía en Colombia, indicando que, regiones como la Guajira poseen una capacidad de generación de 6.0 KWh/m2 en energía solar. Comparando este dato con países como España, tiene un valor promedio de 3.0 a 3.5 KWh/m2 en capacidad fotovoltaica. Esto demuestra el potencial que tiene Colombia para la generación de energía solar.

En alternativas como la energía eólica, la Guajira sigue siendo un punto alto en Colombia, con el pico más alto de velocidad del viento de más de 10 m/s, superando el doble de la capacidad para instalaciones a gran escala. Este valor estima que en esta región se puede alcanzar una producción de 18 GW, lo que quiere decir que es casi la capacidad instalada en el territorio nacional (19.9 GW).

En cuanto a los proyectos más importantes de producción de energía renovable, se destaca el Parque Solar El Paso, desarrollado por Enel-Green Power en el norte del departamento del Cesar. Esta planta tiene una capacidad de 86.2 MW lo cual representa el 80% de la energía solar del país.

Actualmente, en medio de dilemas y controversias, se tiene previsto la construcción de un parque eólico Alpha en la Guajira que puede llegar a una capacidad de 200 MW. Estos avances, muestran un cambio en la transición energética del país, lo que supone una alternativa a la seguridad y demanda eléctrica. No obstante, en el ciclo de estos proyectos es donde la ingeniería requiere una adecuada ejecución de procesos y donde intervienen profesionales en la interventoría de obras civiles.

## 2.2 Tipos de energía renovable

En Colombia se pueden desarrollar variedad de energías renovables, y estas se indican en la ley 1715 de 2014, que pueden ser aprovechadas tanto en proyectos a gran escala como soluciones descentralizadas. Este tipo de energías se clasifican según la fuente natural y la aplicabilidad según los factores como geografía, clima, condiciones tecnológicas para su implementación y aspectos socioeconómicos del sector. A continuación, se hace una descripción de las principales fuentes renovables con alto potencial en el país.

### *2.2.1 Energía solar*

Esta es una de las energías renovables con mayor desarrollo en Colombia en los últimos años. Esta consiste en la conversión de la radiación solar en electricidad mediante paneles solares. En todo el territorio nacional, se cuenta con una radiación solar de entre 4.5 a 6.0

KWh/m2/día, destacando regiones como la Guajira y el norte del Cesar, territorios que alcanzan un valor de radiación de 6.5 KWh/m2/día (Guzmán et al, 2017).

Desde el ámbito de la ingeniería, los aspectos técnicos más relevantes que destacan para poder implementar este tipo de energía, tienen que ver con los tipos de cimentaciones, ya que estas son superficiales con pilotes de fijación para una estructura metálica, que es donde se apoya los paneles solares. También se requieren unos soportes o trackers para mayor precisión, anclaje y resistencia al viento. En el caso de cubiertas o terrazas en edificios, se usan sistemas BIVP, los cuales consisten en integraciones que forman parte de los componentes de la estructura, como fachadas, techos o ventanas (Urrego, et al, 2018).

Este tipo de parámetros para la instalación de un sistema fotovoltaico, debe cumplir con valores mínimos de resistencia con adecuadas instalaciones eléctricas. Esto conlleva al conocimiento técnico de los profesionales que estarán encargados de supervisar y controlar proyectos que involucren este tipo de elementos, de manera que se garanticen los estándares de calidad requeridos para el cumplimiento del contrato.

### *2.2.2 Energía eólica*

La fuente principal natural es el viento, el cual es aprovechada por unos aerogeneradores que transforman la energía cinética provocada por el viento en electricidad. En zonas de alto

rendimiento a nivel mundial, se requiere que la velocidad del aire alcance de unos 5 m/s a 10 m/s. En Colombia, sectores como la Guajira, posee velocidades que pueden llegar a los 11 m/s (Machuca, 2024).

Las estructuras requeridas para la implementación de este tipo de energía, se destaca principalmente las cimentaciones que resultan más profundas que en la energía solar, ya que deben soportar torres de hasta 100 metros de altura. Es por esto que, para garantizar la viabilidad de un proyecto eólico, se debe contar con vías de acceso para el transporte de componentes pesados y de gran envergadura, así como, plataformas de montaje y estructuras de anclaje de gran capacidad (Soto, 2016).

Los conocimientos técnicos en este tipo de proyectos, requieren detalles muy bien cuidados, destacando que se deben considerar diseños estructurales que involucren esfuerzos a tensión cortante y vibración, ya que se debe trabajar con precisiones altas para garantizar la estabilidad de estas estructuras y, por lo tanto, el proceso de supervisión y control es de mayor cuidado y responsabilidad.

### *2.2.3 Energía a partir de biomasa*

La fuente natural de la biomasa aprovecha los residuos orgánicos como agrícolas, forestales o urbanos, generando energía térmica o biocombustibles. En desechos como el estiércol y domésticos, la digestión anaeróbica genera el biogás (Galán, 2016).

Este tipo de energía es aprovechable en zonas rurales del país, como lo son Santander, Valle o Cundinamarca, debido a la alta actividad agroindustrial. Así también, se puede aprovechar e implementar en plantas de tratamiento residual o rellenos sanitarios (Bueno, et al, 2016).

Las estructuras más comunes para este tipo de fuente de energía, conocidos como biodigestores, se componen de tanques enterrados o sobre superficies de concreto armado, las cuales poseen cámaras de mezclas, sistemas de tratamiento y chimeneas de venteo (Galán, 2016).

Desde el punto técnico, hay factores químicos que deben tenerse en cuenta en el diseño de estas estructuras, especialmente en la composición del concreto, ya que se debe controlar los gases y presiones internas. Estos aspectos deben tenerse en cuenta en la supervisión y control de este tipo de proyectos (Bueno, et al, 2016).

### *2.2.4 Hidroeléctricas*

En Colombia, las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) como se denominan, generan energía mediante la captación del caudal de un río sin necesidad de grandes embalses. Aprovechando la geografía montañosa de ciertas regiones como la Andina y sus zonas rurales, se aprovecha las caídas de pendientes naturales del terreno (Andrade & Olaya, 2023).

Las estructuras más comunes son las bocatomas y canales de conducción, así como desarenadores y casas de máquinas. En términos de ingeniería, se debe garantizar la estabilidad de los taludes y control de caudales, cumpliendo lo definido en la NSR-10.

### *2.2.5. Otros tipos de energía renovable*

La energía geotérmica es un tipo de fuente renovable que aprovecha el calor interno del planeta en regiones volcánicas. Aunque en Colombia no se desarrolla este tipo de energía, se cuenta con regiones con potencial para implementarse, como el volcán Galeras y el Nevado del Ruiz (Ramos & Badillo, 2014).

El reto de la ingeniería para llevar a cabo este tipo de proyectos, supone estructuras profundas con alta resistencia a la temperatura, control a la erosión térmica y estructuras de aislamiento.

Otra de las fuentes para generación de energía renovable, y de la que Colombia tiene acceso, es el mar. Este tipo de energía se conoce como mareomotriz y se caracteriza por el movimiento de las olas generando movimiento en turbinas sumergidas. Aunque en el país no se han implementado aún, se muestra como una alternativa más a las que se han mencionado hasta ahora (González & González, 2015).

En cuanto a la ingeniería de estos proyectos, el reto se encuentra en estructuras que soporten la corrosión por la sal marina, estabilidad y diseños con cargas que tengan que ver con el dinamismo del oleaje.

En cada una de las diferentes fuentes renovables de energía, la interventoría de proyectos requiere un conocimiento específico, con conceptos técnicos diferentes que conllevan un control adaptado a cada uno de los entornos, es por ello, que el profesional debe ampliar y complementar cada uno de los aspectos para ejercer el rol del interventor y que sean proyectos de una adecuada calidad, cumpliendo con lo indicado en los diferentes contratos.

## 2.3 Complicaciones y retos en la implementación de proyectos renovables.

En el marco de la transición energética de Colombia, existen complicaciones y desafíos que los proyectos deben enfrentar, a pesar de la normatividad que los regula y el potencial que tiene el país para la implementación de energías renovables. Este tipo de retos no solo son de

carácter técnico, sino más bien de origen institucional, ambiental, financiero y sociocultural. Parte de ellos se mencionarán a continuación, mostrando casos donde se ven afectados algunos (Escobar, 2020).

### *2.3.1 Infraestructura de conexión limitada*

En los territorios de mayor potencial eléctrico para estos proyectos de energía renovable, lamentablemente son los que menos infraestructura tienen para el transporte de la electricidad generada. Las redes de transmisión son insuficientes y las licencias ambientales corren riesgo o se ven retrasadas por eventuales problemas socioculturales. Esto limita al sistema de interconectado nacional (SIN) (Ortiz, et al, 2012).

Es el caso de los parques eólicos Alpha y Beta, los cuales están adjudicados desde el 2019, enfrentando retrasos considerables por la licencia ambiental para la construcción de la línea de transmisión necesaria que llevaría la energía generada desde la Guajira al centro del país. Lamentablemente y por otros aspectos, esto llevaría a la empresa EDPR a retirar el proyecto subastando los elementos necesarios para el funcionamiento del parque eólico (Machuca, 2024).

### *2.3.2 Procesos de licenciamiento y trámites administrativos*

El licenciamiento ambiental en Colombia, resulta necesario para la ejecución de proyectos de ingeniería, pero pueden convertirse en una barrera que genere retrasos significativos, ya que no solo requieren licencias ambientales, si no que, existen aspectos territoriales, comunitarios, técnicos y demás, lo que incurre en demoras en el proceso administrativo (Guido, 2023).

Caso que vio problemas de licenciamiento y retrasos en su entrega, es el parque solar La Loma, ubicado en el departamento del Cesar, el cual debió realizar diferentes ajustes en el plan de manejo ambiental (PMA), así como intervenciones técnicas que permitieran mitigar impactos no previstos sobre la fauna y el uso del suelo. Aunque estos eran tramites que debían realizarse, generó retrasos en la entrega del proyecto, identificando falencias en posibles manejos de procesos administrativos que se podían evitar (Guido, 2023).

### *2.3.3 Formación técnica especializada*

Una de las barreras principales para el desarrollo sostenible de los proyectos de energías renovables en Colombia es la formación técnica especializada en este ámbito. Si bien el país ha dado pasos hacia las políticas energéticas más limpias, la oferta educativa con contenido específico en energía solar, eólica, biomasa o geotermia sigue siendo escasa. Las instituciones que imparten formación técnica y formación tecnológica con programas dirigidos hacia el sector renovable son reducidas y su cobertura nacional es corta, lo cual da lugar a una diferencia importante entre la demanda del sector y la oferta de trabajadores cualificados. Las tesis del

Ministerio del Trabajo y de entidades regionales como ETRELA concuerdan en que la falta de formación de programas actualizados y de formadores capacitados propician escasa forma de competencias en el sector energético (Martínez, 2023).

De este modo, muchas empresas del sector se ven limitadas a la contratación de personal externo, proveniente de otros lugares del país, e incluso del extranjero, para llevar a cabo las tareas de instalación, mantenimiento, operación o supervisión de los sistemas de energías renovables. Lo anterior contribuye a encarecer los costos logísticos, a retrasar las obras o incluso, en alguna ocasión, también contribuye a la falta de transferencias de conocimientos técnicos hacia las comunidades o hacia el personal local. También es importante tener en cuenta el tema de la escasez del talento humano con conocimientos específicos de las tecnologías limpias y su implementación en obras situadas en regiones alejadas del país, como es el caso del departamento de La Guajira, del Vichada o de la región del Pacífico, lo que representa un reto operativo del sector para los desarrolladores de obra y las personas que intervienen en ella (Martínez, 2023).

Esta necesidad también repercute de forma directa en la actividad de intervención, ya que el seguimiento y control técnicos de estos proyectos exige un conocimiento pormenorizado de normativas, como el RETIE, estándares estructurales, de eficiencia energética y gestión ambiental. De no tener formados a los profesionales en dichas áreas, se incrementan el riesgo de error técnico, el incumplimiento de la normativa y el fallo en la actividad de la intervención. Por lo tanto, resulta fundamental desarrollar en el país estrategias integrales de formación técnica,

que incluyan la creación de programas formativos específicos, la formación de formadores, la inversión en investigación aplicada y la especialización a la transferencia de conocimiento para los contratos de ejecución de obras renovables (Martínez, 2023).

### *2.3.4 Conflictos sociales*

La adopción de los proyectos de energías renovables en Colombia exige una fuerte dimensión social que debe tenerse en cuenta especialmente cuando aterrizan en territorios con comunidades étnicas. La introducción, por ejemplo, de parques eólicos en La Guajira ha provocado tensiones por la no adecuada ejecución de los procesos de consulta previa, libre e informada. Prueba de ello es que, en 2023, varios proyectos fueron atrasados o suspendidos porque las comunidades indígenas Wayúu se quejaron de que no había existido una consulta, sino de negociaciones informales con líderes no representativos, a lo que se ha complementado el calificativo de "compras de conciencias" para seguir adelante con obras que se pretendían ejecutar (Fajardo, 2015).

El histórico Parque Eólico Jepírachi, aunque ya desconectado del Sistema Interconectado y en proceso de desmantelamiento, fue un experimento paradigmático. Si bien se presentó como un modelo de consulta previa (entre 1999 y 2002, con soporte de Corpoguajira), otros informes, como el de Dejusticia, mostraron que las decisiones tomadas no involucraron realmente a los líderes tradicionales Wayúu, lo que favoreció un hecho ritual; se olvidó el reconocimiento de su

sistema normativo comunitario y se prescindió de la asesoría técnica independiente, lo que afloró tensiones internas y debilitó la legitimidad del proceso (Rodríguez & Calderón, 2024).

Asimismo, la adecuación de la línea de transmisión "Colectora", que conecta a diversos proyectos eólicos en la península de La Guajira que todavía está en camino de ver la luz, emprendía actos de resistencia social de gran magnitud. Esta línea de transmisión había de frustrar los intereses de más de 200 rancherías, hasta 235 comunidades pertenecientes a diferentes etnias, muchas de ellas sin pactos previos. Este caso nos deparó una limitación estructural: la falta coordinación por parte del Estado y la falta de mecanismos reales que puedan cumplir con los objetivos de participación. Las propias organizaciones indígenas han denunciado el uso de "autoridades cooptadas" por parte del Estado o de las empresas, lo que ha generado divisiones internas motivadas por las múltiples formas de participación y ha dificultado un verdadero consenso (Rodríguez & Calderón, 2024).

## 2.4 Importancia de la interventoría en la ejecución de proyectos de energía renovable

La sostenibilidad en proyectos de energías renovables no es solamente la integración de fuentes limpias, sino que se refiere a una integración armónica del proyecto con el medio físico; de eficiencia, respeto por la diversidad biológica, y de capacidad de ofrecer beneficios, tanto económicos como sociales, de forma sostenida y continuada en el tiempo. Para que pueda ser alcanzada, tiene que tenerse en cuenta variables como el uso racional del suelo, la correcta gestión de residuos, la eficiencia en la disposición de recursos constructivos o la participación de

la comunidad, todo ello considerado como elementos imprescindibles que garantizan la existencia de una infraestructura verdaderamente sostenible (Hernández & Pinto, 2022).

En este sentido, la interventoría tiene un papel fundamental, ya que es quien garantiza esos principios. No se limita solo a comprobar aspectos técnicos o contractuales. Tiene que ser capaz de supervisar el cumplimiento del nivel ambiental exigido, la gestión responsable de recursos, el respeto a los acuerdos sociales y la calidad estructural de las obras. El trabajo de la interventoría, orientado a controlar de manera integral la sostenibilidad, hará que estos proyectos puedan no solo garantizar niveles de cumplimiento exigidos, sino que contenidos en el territorio con la posibilidad de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos alcanzando una práctica de la supervisión entendida como una herramienta estratégica de instauración de un modelo energético limpio, ético y resiliente (Hernández & Pinto, 2022).

# Capítulo 3. Normatividad aplicable a proyectos de energía renovable

Para conocer el papel que ejerce la interventoría en este tipo de proyectos, es importante tener claro las normativas que hay que tener presente que van a servir como referente legal en consultas y lineamientos de cumplimiento normativo para el desarrollo de los proyectos. En ese caso, se exponen dos componentes principales, la normativa nacional y luego, la normativa internacional.

## 3.1 Marco normativo nacional

El impulso de las energías renovables en el país está apoyado por un conjunto amplio de leyes, decretos y reglamentos técnicos que intentan hacer coincidir la sostenibilidad de la energía con la ordenación del territorio, la protección del medio ambiente y la regulación del mercado eléctrico. Durante la última década, el país ha conformado un marco específico que ha permitido la entrada de tecnologías limpias en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y las actividades de soluciones energéticas en las zonas no interconectadas (ZNI). Su normativa considera adicionalmente la figura de la interventoría como la supervisora del cumplimiento técnico, normativo, contractual y ambiental.

### *3.1.1 Ley 1715 de 2014*

Es la norma madre para el desarrollo de las fuentes no convencionales de energía (FNCE) en Colombia. Busca impulsar la integración de las tecnologías asociadas a los sistemas eléctricos en sus diferentes componentes: generación, transmisión, distribución y uso eficiente de la energía. La ley contempla incentivos tributarios como deducción del impuesto de renta de hasta el 50 % de las inversiones en energías renovables, exoneración del IVA y deducción acelerada. También busca impulsar la investigación, la formación técnica, la participación del sector privado y la generación distribuida. Para la interventoría, la ley pone de presente la verificación de que los proyectos e inversiones cumplan con los requerimientos técnicos y jurídicos exigidos para la aplicación de los incentivos tributarios y el seguimiento de cada uno de los objetivos de sostenibilidad introducidos (Congreso de la República de Colombia, 2014).

### *3.1.2 Ley 2099 de 2021*

La Ley 2099 de dos mil veintiuno reformó y extendió el alcance de la Ley 1715 , actualizando el marco normativo energético del país. Introdujo la figura del «hidrógeno verde» (green hydrogen), favoreció la expansión del almacenamiento de energía y generó nuevos incentivos para tecnologías emergentes. Además, propició el papel que debe llevar a cabo la UPME como entidad responsable de la planificación de la expansión de infraestructura con criterios sostenibles (Congreso de la República de Colombia, 2021).

### *3.1.3 Decreto 2041 de 2014.*

Reglamenta la evaluación y el otorgamiento de licencias ambientales. Determina que todo proyecto de generación energética con capacidades superiores a 10 MW tiene que gestionar licencia ante la ANLA. Fija el alcance del Plan de Manejo Ambiental (PMA) que debe ser objeto de una supervisión permanente de la interventoría. La supervisión es un control del cumplimiento de los planes de mitigación, seguimiento ambiental periódico, y la afirmación de que las obras no son ejecutadas sin conductas que generen impactos no permitidos (El presidente de la República de Colombia, 2014).

### *3.1.4 Ley 99 de 1993*

Constituye el pilar de la normativa que regula el medio ambiente en Colombia. Crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y estipula que cualquier actividad que pueda presentar un impacto ambiental debe estar sujeta a la licencia. En el ámbito de proyectos de energías renovables, esta ley se complementa con el Decreto 2041 que obliga a los interventores a verificar que las actividades constructivas permanezcan dentro del principio de desarrollo sostenible (Congreso de la República de Colombia, 1993).

### *3.1.5 Ley 80 de 1993 y Ley 1150 de 2007*

Regulan la contratación pública en Colombia. La interventoría es un tercero que debe verificar, conforme a la presente normativa, que los contratos de obra se ejecuten de acuerdo con las condiciones técnicas, económicas, medioambientales y de legalidad convenidas. En el

contexto de energías renovables, este tipo de intervención implica revisar el cumplimiento de las actividades constructivas, por ejemplo, del RETIE, NSR-10, licencia ambiental, cronograma del proyecto, presupuesto, entre otros.

### *3.1.6 RETIE – Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas*

El RETIE, que es actualizado en la Resolución 40117 de 2024, regula los requisitos mínimos de seguridad eléctrica para instalaciones de generación, transformación y distribución. Así, debe cumplirse siempre el RETIE para accesorios eléctricos de un proyecto de energía renovable en cuanto a protecciones, puesta a tierra, distancias mínimas, materiales, pruebas eléctricas, etc. Y, por parte de la interventoría, debe asegurarse que el avance de cada fase desarrollada del proyecto eléctrico esté certificado ante la autoridad competente conforme al RETIE (ENERGIA, 2013).

.

### *3.1.7 RETILAP – Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público*

El RETILAP se aplica a los sistemas de iluminación, tanto de los enclaves operativos como de mantenimiento de las plantas fotovoltaicas o de las subestaciones. Es cierto que no es un documento siempre prevalente en los proyectos referentes a energías renovables, pero

siempre debe ser verificado por el interventor en caso de que deba haber alguna zona con sistemas lumínicos permanentes.

### *3.1.8 NSR-10 – Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*

Este reglamento es de carácter obligatorio para todo el territorio colombiano, y determina las condiciones para el diseño estructural de las edificaciones. En el caso de los proyectos de energía renovable, su aplicación va orientada, sobre todo, al diseño de la cimentación de los aerogeneradores, estructuras de soporte de paneles solares y subestaciones y salas de control. El interventor, por su parte, tiene que verificar que el diseño estructural, la memoria de cálculo y los planos presentados se ajusten y cumplan con la normativa correspondiente (Resistente, 2010).

## 3.2 Marco normativo internacional

La norma jurídica internacional vinculada a las energías renovables se ha convertido en un elemento de referencia para robustecer la sostenibilidad, la eficiencia y la responsabilidad de los proyectos energéticos a nivel mundial. Aun cuando no son obligatorias en Colombia, muchas empresas promotoras de proyectos e interventores adoptan normas internacionales para mejorar la calidad de sus procesos y cumplir con criterios medioambientales, sociales y de gobernanza (ASG), exigidas por organismos multilaterales, inversores o certificaciones internacionales**.**

### *3.2.1 ISO 50001:2018 - Sistema de gestión de la energía.*

Esta norma internacional que es publicada por la Organización Internacional de Normalización (ISO) establece un marco para poder establecer eficaces sistemas de gestión de la energía en cualquier organización. Faculta a los proyectos a reducir el consumo energético, mejorar el desempeño del proyecto y disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, a través del ciclo de mejora continua "Planificar-Hacer-Verificar-Actuar" (PHVA). En el contexto de las energías renovables resulta útil para optimizar el consumo interno de las plantas, controlar las pérdidas eléctricas y demostrar el compromiso con la sostenibilidad. Para la interventoría se constituye en una guía complementaria para auditar la eficiencia en operación y en la puesta en marcha.

### *3.2.2 ISO 14001:2015 – Gestión del medio ambiente*

Dicha norma establece un sistema que identifica, gestiona y reduce los aspectos derivados de una organización. Aunque es de uso no obligatorio, permite que los proyectos energéticos tengan en cuenta la sostenibilidad medioambiental en la planificación, ejecución y operación. Presenta alta compatibilidad con los requerimientos del Plan de Manejo Ambiental establecidos por la normativa colombiana, su puesta en práctica puede ser auditada por el interventor para comprobar la satisfacción de los objetivos ambientales y las prácticas de mitigación.

### *3.2.3 ISO 14064 – Huella de carbono y gases de efecto invernadero*

La familia ISO 14064 (partes 1, 2, y 3) de la cual se dicte la forma para cuantificar, verificar las emisiones de GEI. Muchos proyectos de energía renovable, en especial aquellos que van a acceder a financiación verde o a emitir bonos climáticos, deben justificar sus beneficios de reducción de carbono según esta norma ISO14264. Es también una norma clave para el estudio de impacto del clima, así como para certificaciones como por ejemplo la de neutralidad en carbono (PAS 2060).

### *3.2.4 Estándares del Global Reporting Initiative (GRI)*

Los GRI Standards son normas internacionales para la elaboración de informes de sostenibilidad; gracias a ellas las organizaciones pueden hacer públicos su desempeño económico, ambiental y social de forma estandarizada y comparable. En los proyectos de energías renovables, los GRI Standards se aplican para poder dar a conocer los impactos positivos generados, los indicadores de desempeño energético, la participación comunitaria y el cumplimiento ambiental, de forma que la interventoría podría tomarlos como referencia para la producción de informes técnicos de medio ambiente y sostenibilidad bajo el enfoque ASG.

### *3.2.5 International Green Construction Code (IGCC)*

El IGCC impulsado por el International Code Council (ICC) es un código modelo de carácter voluntario que establece las reglas técnicas de diseño y construcción sostenible aplicando criterios sobre eficiencia energética, calidad del aire, gestión del agua, materiales ecológicos y resiliencia climática. Aunque en el caso de Colombia no es vinculante, sí puede ser un documento de consulta para la formulación de especificaciones técnicas o para auditorías ambientales de proyectos de energías renovables que busquen certificaciones internacionales como LEED o EDGE y en esta línea sí podría considerarse adecuado para la interventoría.

### *3.2.6 Banco Mundial Interamericano de Desarrollo*

Los organismos multilaterales como el Banco Mundial o el Banco Interamericano de desarrollo (BID) en el pasado han establecido políticas y marcos de salvaguardas ambientales y sociales que los proyectos deben cumplir para poder acceder al financiamiento; estas salvaguardas incluyen evaluación de impactos, participación ciudadana, gestión del riesgo o monitoreo, por lo que la interventoría debe asegurarse del cumplimiento de estos marcos si el proyecto tiene financiación internacional.

# Capítulo 4. El rol de la interventoría en proyectos de energías renovables

Para el contexto actual, en lo que respecta al proceso de transición energética, el rol de la interventoría resulta importante como en cualquier tipo de proyectos, con el hecho de que las condiciones son diferentes, ya que los aspectos técnicos a conocer para supervisar y controlar, se definen en un marco de conceptos como lo son, las energías renovables. Parte de ellos, se han definido en los capítulos anteriores. Estos proyectos se enfrentan también a diferentes normativas y que el profesional debe conocer, de manera que se puedan asegurar los objetivos contractuales y se desarrollen en los mejores estándares de calidad.

Siendo así, el interventor juega un papel activo desde las primeras fases del proyecto, hasta la entrega final. Este trabajo debe hacerse de conformidad con la normatividad nacional, sobre todo las leyes 80 de 1993, 1150 de 2007 y 1715 de 2014, el respeto de los regímenes técnicos como el RETIE y la NSR-10. En los proyectos de generación de energía con fuentes no convencionales, la interventoría también debe vigilar el Plan de Manejo Ambiental (PMA), el respeto a los territorios de comunidades indígenas y afrocolombianas y el uso responsable y racional de los recursos naturales cuya existencia es la base de los compromisos en el proceso de otorgamiento de la licencia ambiental.

## 4.1 Casos de interventoría en proyectos de energía renovable

A continuación, se abordarán tres casos de estudio donde se ejecutaron proyectos de energías renovables y como se desarrollaron desde el punto de vista de la interventoría.

### *4.1.1 Parque solar El Paso (Cesar)*

Con una potencia de 86,2 MW y más de 274 000 paneles en 240 ha, la planta solar de El Paso, en el departamento del Cesar, fue inaugurada por la empresa Enel Green Power como la primera planta solar de gran potencia del país, iniciando su operación en 2018 y redundando en aproximadamente 203 GWh/año al Sistema Interconectado Nacional (Poveda, 2023).

La interventoría hizo parte del alcance del proyecto desde la etapa de ejecución verificando el cumplimiento de los sistemas de soporte de paneles según los diseños estructurales, el cumplimiento de las pruebas eléctricas según el cumplimiento del RETIE, y la supervisión del Plan de Manejo Ambiental de la planta autorizada por Corpocesar (Resolución 0136 de 2017). Además, participa de la formación de técnicos locales apoyada en el SENA, la cual mejora sin duda la formación profesional de la región (Poveda, 2023).

### *4.1.2 Parque solar La Loma (Cesar)*

El Parque Solar La Loma, también radicado en Cesar y con inicio de su operación en 2024, posee 187 MW y está formado por más de 400 000 paneles dispuestos sobre 387 ha. El

culminar su construcción, tardo en tres años a causa de ajustes a la subestación interconectada, la pandemia de COVID-19 y revisiones al PMA. La interventoría pasó a ser un agente clave en la coordinación técnica entre el contratista y los operadores de la subestación, revisando cada ajuste al cronograma, llevándose validaciones técnicas del diseño eléctrico, garantizando que los cambios ambientales acataran las licencias que se mantenían vigentes. Esto conllevó a no descoordinar esfuerzos y reforzó la autonomía de la supervisión técnica en la emergencia sanitaria (Rueda & Herrera, 2024).

### *4.1.3 Parque solar Guayepo I&II (Atlántico)*

Con una capacidad instalada de 486,7 MW, el Parque Solar Guayepo, ubicado entre Sabanalarga y Ponedera (Atlántico), puede definirse como el parque solar fotovoltaico más grande del país y uno de los más grandes de toda Latinoamérica. Desde su puesta en marcha en el año 2022, la interventoría tuvo que afrontar una situación de inusual escala: tenía que vigilar la instalación de 820 600 paneles bifaciales de 595 Wp montados sobre seguidores solares, examinar éxitos en los grandes volúmenes de obra civil (vías de acceso, cimentaciones, plataformas) y gestionar la cadena de calidad de los materiales, llevando a cabo muestreos frecuentes, seguimiento medioambiental por fases y validación RETIE para instalaciones eléctricas complejas. La interventoría gestiona además el PPA de 15 años con Bavaria, garantizando la funcionalidad técnica y contractual del suministro (Barragán & Álvarez 2019).

Teniendo en cuenta estos tres proyectos, se consolidan en la tabla 1 las características principales de estos proyectos, tomando los puntos más importantes en el desarrollo de la interventoría.

**Tabla 1.**

*Información de los proyectos de energías renovables, casos de estudio*

| **Proyecto** | **Capacidad** | **Principales factores** |
|---|---|---|
| El paso | 86 MW | Verificación estructural, cumplimiento del RETIE, supervisión del PMA, certificación ambiental |
| La Loma | 187 MW | Coordinación con subestación, ajustes al PMA, validación técnica y de cronograma, gestión de contingencias por COVID 19 |
| Guayepo I&II | 486.7 MW | Control de calidad masiva, pruebas funcionales, supervisión de montaje en masa, controles ambientales |

*Nota.* Basado en la información recopilada de los casos de estudio tomados como referencia

Se definirán en los siguiente numerales las funciones de la interventoría en los proyectos de energías renovables.

## 4.2 Etapas del proyecto donde interviene la interventoría

La figura de la interventoría acompaña los proyectos de energías renovables a modo de figura transversal, que está presente a cada paso clave de un proyecto: desde la identificación

inicial hasta la entrega final. Así, actuando en esa medida, la interventoría será la figura encargada de dar trazabilidad técnica, contractual y ambiental a un proyecto, de forma que se asegure que el mismo tiene calidad y que responde a lo que se prevé en la normativa y a la lógica del funcionamiento.

### *4.2.1 Etapa de planificación*

Durante esta fase, la interventoría podrá participar o estar presente revisando, revisando estudios previos, diseños conceptuales, estudios de impacto ambiental y social e incluso permisos ante anuentes tales como ANLA, UPME y las autoridades locales. Una revisión oportuna y con el detalle permitido garantiza la viabilidad técnica y legal del proyecto antes de su ejecución, evitándose retrasos o problemas contractuales futuros. Pero es en este momento donde se analizan cronogramas, presupuestos iniciales y donde se comienzan a identificar riesgos por localización geográfica o social.

Para detallar mejor estas actividades relacionadas a la etapa de planificación, se relacionan en la tabla 2 cada una de ella, con la información referenciada y descriptiva de las mismas.

**Tabla 2.**

Actividades de la interventoría en la etapa de planificación.

| Actividad | Descripción | Rol de la Interventoría |
|---|---|---|
| **Revisión de estudios de factibilidad técnica, ambiental y social** | Incluye diseños conceptuales, análisis de radiación solar, viento, caudales, impactos ambientales y sociales | Verificar que los estudios cumplan normas (Ley 1715, Ley 99, ISO), detectar riesgos, recomendar ajustes |
| **Validación de permisos y licencias** | Licencia ambiental, consulta previa, licencias de transmisión, permisos municipales | Comprobar vigencia y condiciones de licencias (ANLA, UPME, CREG), detectar faltantes |
| **Revisión de diseños técnicos** | Planos, memorias de cálculo (estructurales, eléctricos, cimentaciones) | Asegurar cumplimiento de RETIE, NSR-10; coordinar correcciones antes de iniciar obra |
| **Verificación del Plan de Manejo Ambiental (PMA)** | Protocolos sobre manejo de residuos, erosión, fauna, flora | Aprobar PMA, validar coherencia con el estudio ambiental |
| **Ajuste de cronograma y presupuesto inicial** | Definir tiempos, costos, riesgos, plan de contingencia | Identificar actividades críticas, validar coherencia técnico-financiera |
| **Coordinación con actores involucrados** | Contratista, comunidad, instituciones | Facilitar reuniones, establecer canales de comunicación eficaces |

*Nota.* interventoría en la etapa de planificación

### *4.2.2 Etapa de ejecución*

A lo largo de la fase de construcción e instalación de la infraestructura energética, la interventoría lleva a cabo el permanente seguimiento técnico del avance de obra, para lo cual efectúa la respectiva inspección de materiales, los procesos constructivos, el montaje de los equipos, las pruebas eléctricas, las cimentaciones estructurales y las normas como RETIE, NSR-10, Plan de Manejo Ambiental, etc.; junto con el seguimiento del uso eficiente de los recursos, el manejo de residuos, la seguridad en obra y la ejecución del cronograma.

De otro lado, la fase de construcción e instalación en proyectos solares o eólicos conlleva a la verificación de estructuras metálicas, paneles, inversores, transformadores, torres, turbinas, sistemas de control, etc.

A continuación, en la tabla 3, se describen en detalle las tareas más importantes que debe cumplir el interventor en la ejecución de proyectos renovables, una vez se haya concluido la etapa de planificación.

**Tabla 3.**

Actividades de la interventoría en la etapa de ejecución.

| **Actividad** | **Descripción** | **Rol de la Interventoría** |
|---|---|---|
| Control de calidad en materiales | Paneles, cables, estructuras, cimentaciones | Inspeccionar entradas de bodega, muestreos, bitácoras técnicas |
| Verificación de montaje | Instalación de paneles, torres, cableados, pruebas PRE-RETIE | Coordinar pruebas, validar cumplimiento de RETIE, informar desviaciones |
| Supervisión ambiental | Implementación de canales, revegetalización, gestión de residuos | Realizar inspecciones, verificar cumplimiento del PMA, reportar daños |
| Supervisión de seguridad en obra | Normas HSEQ, accesos, señalización | Auditar prácticas, recomendar ajustes para mitigar riesgos laborales |
| Seguimiento del cronograma y costos | Avances diarios/semanales, pagos, valorizaciones | Comparar planificación vs ejecución, autorizar cambios, detectar riesgos |
| Registro de incidencias | Retrasos, cambios técnicos, situaciones inesperadas | Documentar, proponer plan correctivo, coordinar con todas las partes |
| Coordinación continua | Reuniones de avance, actas, comunicación | Facilitar coordinación técnica y administrativa, mediar conflictos |

### *4.2.3 Etapa de cierre*

En esta etapa que se encuentra en la parte final, se encuentra la tercera y última etapa que contempla la intervención en la que se procura que el proyecto entre finalmente en operación en las condiciones técnicas que se consideran necesarias y se prevén, llegando incluso a incluirse pruebas de funcionamiento en dicho proyecto, certificaciones de conexión e incluso protocolos de operación segura y requisitos de cumplimiento ambiental, entre otros. En esta etapa también se validan los informes finales, las actas de recibo de obra y la documentación que también pudiera ser necesaria que venga exigida bien por el contratante o bien por la entidad que regule el proyecto de construcción. En ciertos contextos, la intervención va más allá y alcanza a incluir un monitoraje que se puede extender hasta un período de revisión del proyecto, especialmente cuando existe la existencia algún indicador social o bien ambiental que requiera mantenerse bajo monitoraje.

Para detallar cada una de estas actividades, se muestran en la tabla 4, un consolidado de cada una de ellas, junto al rol que ejerce el interventor en cada caso.

**Tabla 4.**

Actividades de la interventoría en la etapa de cierre.

| Actividad | Descripción | Rol de la Interventoría |
|---|---|---|
| **Recepción y pruebas funcionales** | Pruebas en sitio, conexión a SIN, certificaciones | Verificar resultados, aprobar energización, coordinar acciones correctivas |

| | | |
|---|---|---|
| **Revisión de documentación final** | Actas de entrega, manuales, registros RETIE, certificaciones ambientales | Comprobar calidad y completitud, archivar expedientes técnicos |
| **Capacitación técnica** | Formación de personal local en operación y mantenimiento | Asegurar transferencia de conocimiento, validar asistencia y material entregado |
| **Monitoreo post-construcción** | Evaluación de indicadores ambientales y de desempeño inicial | Realizar seguimiento técnico, informar estabilidad operacional |
| **Liquidación del contrato** | Cierre financiero, garantías, entrega final de obra | Revisar saldos, liberar garantías, cerrar contrato conforme a normatividad |
| **Evaluación y lecciones aprendidas** | Informe final con riesgos, éxitos y recomendaciones | Documentar buenas prácticas y propuestas para futuros proyectos |

*Nota.* Actividades de la interventoría

### 4.3 Actividades de la interventoría en proyectos de energía renovable

La supervisión técnica de los proyectos de energía solar es una actividad técnica especial el contralor se distancia de una mera verificación contractual. El interventor se enfoca con una mirada integral, extendiendo la validación de la calidad de los elementos estructurales y eléctricos (paneles solares, torres eólicas, cimentaciones y cableados, etc.) que deben cumplir con lo que describe el contrato y que también se apeguen a la normatividad vigente, como podría ser por ejemplo el RETIE o la NSR-10. Esta labor incluye la verificación de las pruebas técnicas antes de la energización, las inspecciones periodicas de obra y la constitución de comités técnicos que garantizan que la construcción y el montaje gozan de los estándares de calidad imprescindibles, entre otros

La interventoría tiene también funciones administrativas y contractuales muy importantes. En esta línea la interventoría gestiona la documentación contractual (actas, informes, garantías y seguros, etc.), controla el cumplimiento de los cronogramas, la ejecución presupuestal revisando la valorización, anticipos y adiciones. Esta forma de control permite detectar y corregir tendencias de retrasos o sobrecostos, optimizar los recursos y sostener la línea de base fiscal del proyecto. Y en otra línea, la interventoría vela por que se cumplan las normas que hacen referencia a la higiene, seguridad, temas laborales y gestión de riesgos, informando sobre la detección de cualquier hallazgo irregular o potencial irregularidad que pueda poner en riesgo la integridad del proyecto.

Otro eje central es, asimismo, el control de la supervisión ambiental y social. El interventor se asegura que se implemente correctamente el Plan de Manejo Ambiental, supervisando obras de control de la erosión, manejo de residuos y revegetalización, acorde a las licencias ambientales y reportes periódicos de las autoridades ambientales.

También se involucra en la supervisión de los acuerdos sociales y procesos de consulta previa, asumiendo el rol de vocal conductor entre la comunidad, el contratista y las instituciones y asegurando que los compromisos socio ambientales se cumplan de forma concreta. Para consolidar la información de este numeral, en la tabla 5 se presenta una tabla con las actividades mas representativas, clasificadas en los diferentes tipos de interventoría.

**Tabla 5.**

Funciones de la interventoría en proyectos de energía renovable.

| Área de responsabilidad | Funciones principales |
|---|---|
| Técnicas | Validación de calidad de equipos y estructuras; supervisión de pruebas PRE-RETIE; inspecciones periódicas; coordinación de comités técnicos |
| Administrativas y contractuales | Gestión documental, actas, garantías y seguros; control de cronogramas y presupuesto; aprobación de valorizaciones, adiciones y anticipos |
| Financieras | Verificación de pagos, conciliaciones contables y soporte de costos asociados a modificaciones contractuales |
| Legales y normativas | Supervisión de cumplimiento de contratos, normas laborales y de seguridad; gestión de garantías y seguros; detección de desviaciones legales o éticas |
| Ambientales y sociales | Control del Plan de Manejo Ambiental, manejo de residuos y revegetalización; monitoreo de condiciones ambientales y sociales; seguimiento a procesos de participación |
| Coordinación y comunicación | Organización de reuniones técnicas; reportes formales a entidades y comunidad; gestión de riesgos y propuesta de soluciones |

*Nota.* Área de responsabilidad, Funciones principales.

### 4.4 Retos de la interventoría en proyectos de energías renovables y cómo afrontarlos

En Colombia los mecanismos de interventoría en proyectos de energías renovables se hallan ante una irrupción de nuevos desafíos, que superan la supervisión técnica clásica del proceso. La infraestructura eléctrica escasa, en especial en el caso de La Guajira, ha servido como freno para la ejecución de múltiples proyectos a la espera de la construcción de redes de transmisión. Ante esto, los interventores deben poner en práctica mecanismos de coordinación

entre operadores de red y autoridades para garantizar que la conexión al Sistema Interconectado Nacional (SIN) se realice en el tiempo esperado y que el correspondiente ajuste técnico exigido por la normatividad se supervise en la forma esperada

También, la interventoría debe lidiar con la realidad de la complejidad regulatoria e injerencias normativas, que colocan a sus espaldas la incertidumbre contractual y la incertidumbre técnica. Proyectos de cierta envergadura han sido paralizados por grandes empresas por los ajustes regulatorios o nuevas restricciones fiscales que reducen el margen de rentabilidad. En esta lógica, los interventores deben estar entrenados para estar al tanto y anticipados a los riesgos regulativos, así como el desarrollo de adecuaciones contractuales alternativas que no entorpezcan el progreso de los proyectos tractores.

Finalmente, no por ser el último punto de la lista, debemos hablar de los retos que se dan en los conflictos sociales y culturales en particular en territorios indígenas como La Guajira. Deben destacar las dichosa de la consulta previa y los conflictos internos de las comunidades que llevaron al fracaso de proyectos de desarrolladoras como Enel o EDP Renewables, en cuanto que lo que se espera de la interventoría es la verificación de la legitimidad de los procesos participativos, la mediación y la verificación del cumplimiento de los compromisos sociales. Para consolidar esta información, se relacionó la tabla 6 con las acciones como el interventor ante retos comunes que se pueden presentar en proyectos de energías renovables.

**Tabla 6.**

Retos de la interventoría y cómo afrontarlos

| Reto | Descripción | Rol del interventor |
|---|---|---|
| **Infraestructura eléctrica limitada** | Retrasos en redes de transmisión afectan conexión al SIN y cronograma | Coordinar con operadores, supervisar adaptaciones técnicas y plan de contingencia para conexión eléctrica |
| **Cambios regulatorios imprevistos** | Fluctuaciones en incentivos, normas o tarifas pueden afectar viabilidad | Analizar impacto normativo, asesorar reestructuración contractual y validar cumplimiento en nuevas condiciones |
| **Conflictos sociales y culturales** | Procesos de consulta informal o deficiente con comunidades indígenas generan resistencia | Verificar procesos de consulta previa, mediar en conflictos, asegurar cumplimiento de compromisos sociales |
| **Complejidad técnica e interdisciplinaria** | Nuevas tecnologías demandan competencias técnicas avanzadas en diversas disciplinas | Integrar profesionales eléctricos, ambientales, estructurales y sociales a la interventoría |
| **Retrasos por trámites y licencias** | Aprobaciones ambientales o territoriales pueden extender los tiempos de ejecución | Hacer seguimiento fino a permisos, escalar obstáculos regulatorios, facilitar coordinación interinstitucional |

*Nota. S*e puede definir buenas prácticas desde la interventoría

A partir de esta tabla, tomando los posibles retos y como se afrontan, así como los manuales que se encuentran en la ANI, de esta manera desde un aspecto preventivo, se pueden evitar dichas problemáticas. De esta manera se genera un proceso de control y supervisión adecuado para eliminar cualquier tipo de desperdicios y eventualidades que puedan generar retrasos en los proyectos, siendo más crítico en este tipo de proyectos que dependen mucho de la calidad que se obtenga como resultado, es por ello que en la tabla 7, se observan las buenas prácticas que se deben tener en cuenta en obras de energía renovable.

**Tabla 7.**

Buenas prácticas en el rol del interventor.

| Área de aplicación | Buena práctica destacada | Beneficio clave |
|---|---|---|
| **Técnicos** | Inspecciones programadas y comités multidisciplinarios | Identificación oportuna de desviaciones técnicas |
| **Administrativos** | Matrices de control de riesgos y KPIs | Prevención de retrasos y sobrecostos |
| **Documentación** | Estándares para actas, formatos y bitácoras | Trazabilidad de decisiones y acciones correctivas |
| **Ambientales y sociales** | Registros técnicos del Plan de Manejo Ambiental (PMA) | Cumplimiento verificable de compromisos ambientales |
| **Estratégicos** | Planes de acción derivados de análisis situacional | Mejora continua y adaptación a riesgos emergentes |

*Nota.* Área de aplicación.

# Conclusiones

El análisis de los casos de estudio, El Paso, La Loma y Guayepo, confirma que la interventoría en proyectos de energías renovables cumple en los tres casos una función polivalente, al encauzar no solamente la supervisión técnica y contractual de los proyectos, sino que también se erige en una actividad estratégica de aseguramiento de calidad, control ambiental, mediación social y control de riesgos; lo cual ha permitido asegurar que los proyectos no solo se ajusten a la normatividad nacional (RETIE, NSR-10, licencias), sino que además operan de forma eficiente y sostenible en una visión de ciclo de vida de los mismos.

La adaptabilidad de la interventoría ha tenido un papel preponderante para el funcionamiento en contextos complejos como la modificación del PMA y del cronograma en La Loma, la gestión de una escala de obra sin parangón en Guayepo; y la formación del personal técnico local, la supervisión ambiental estricta y la construcción de canales de comunicación han dado paso a la percepción de transparencia y sostenibilidad. En este sentido, se ha podido constatar que la figura del interventor debe transformar sus raíces hacia una interventoría técnica multidisciplinar, con capacidades altos en energía eléctrica, geotecnia, manejo ambiental, gestión social.

Finalmente, las buenas prácticas propuestas a partir del manual de la ANI, tales como el uso de matrices de riesgos, la preparación de comités técnicos, la elaboración de formatos estandarizados de comunicación de la información y el diseño de mecanismos de comunicación

formal, hacen evidencia incontrovertible de ser útiles para organizar, monitorear y reportar el estado del proyecto con efectividad; si bien necesitan una adaptación contextual, son apropiadas para profesionalizar la interventoría del sector emergente de las energías renovables en el país colombiano.

## Referencias

Aldana Rodríguez, L. L. (2015). *Análisis del impacto de la Ley 1715 de 2014 en la viabilidad de proyectos de fuentes no convencionales de energía renovable en Colombia* [Trabajo de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio Uniandes. https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/095ff94f-94a5-4496-ab23-4552d6643d3f

Algarín, C. R., & Álvarez, O. R. (2018). Un panorama de las energías renovables en el mundo, Latinoamérica y Colombia. *Revista Espacios*, *39*(34), 10. https://www.revistaespacios.com/a18v39n34/a18v39n34p10.pdf

Amaya Pineda, G. A. (2016). *Análisis de la aplicabilidad técnica de la Ley 1715 de 2014 en el país* [Trabajo de grado, Universidad de La Salle]. Repositorio Institucional La Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/108

Andrade, J., & Olaya, A. (2023). Impactos ambientales asociados a las hidroeléctricas en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, *14*(2), 217–250. https://doi.org/10.22490/21456453.6074

Barragán Preciado, A. C., & Álvarez Rodríguez, S. J. (2019). *Análisis de impacto ambiental y gestión de proyectos en la implementación del parque solar fotovoltaico Guayepo, ubicado en el municipio de Sabanalarga Atlántico* [Trabajo de grado, UNAD]. Repositorio UNAD. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/27553

Bueno López, M., Rodríguez Sarmiento, L. C., & Rodríguez Sánchez, P. J. (2016). Análisis de costos de la generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables en el sistema

eléctrico colombiano. *Ingeniería y Desarrollo*, *34*(2), 397–419. https://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-34612016000200397&script=sci_arttext

Cardona Díaz, J. S. (2017). *Análisis de la aplicación de los incentivos que ofrece la Ley 1715 del 2014 por la utilización de fuentes no convencionales de energía renovable* [Trabajo de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio Uniandes. https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/b1f33386-effc-496e-9f1d-28d9a524c9bc

Carranza, M. Á. E. (2016). La Agencia Internacional para las Energías Renovables: Promesa institucional ante los desafíos energéticos del siglo XXI. *Revista Catalana de Dret Ambiental*, *7*(1). https://www.raco.cat/index.php/rcda/article/view/314959

Congreso de la República de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictan otras disposiciones*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297

Congreso de la República de Colombia. (2014). *Ley 1715 de 2014. Por la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353

Congreso de la República de Colombia. (2021). *Ley 2099 de 2021. Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético y la reactivación económica*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=166326

Cortés, S., & Londoño, A. A. (2017). Energías renovables en Colombia: una aproximación desde la economía. *Revista Ciencias Estratégicas, 25*(38), 375–390. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=151354939007

El presidente de la República de Colombia. (2014). *Decreto 2041 de 2014. Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales*. Diario Oficial de Colombia. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=58356

Escobar, C. C. O. (2020). *Rol de la energía solar y eólica en la transición energética en Colombia: actualidad, perspectivas y retos* [Trabajo de grado, UNAD]. Repositorio UNAD. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/40173

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/NSR-10.pdf

Fajardo, D. (2015). Estudio sobre los orígenes del conflicto social armado, razones de su persistencia y sus efectos más profundos en la sociedad colombiana. En *Conflicto social y rebelión armada en Colombia* (pp. 1–55). Centro Nacional de Memoria Histórica. https://www.centrodememoriahistorica.gov.co/descargas/comisionPaz2015/FajardoDario.pdf

Galán Riveros, X. F. (2016). *Potencial energético de la biomasa residual agrícola en Colombia* [Trabajo de grado, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. https://hdl.handle.net/20.500.11839/637

González, J. R. Q., & González, L. E. Q. (2015). Energía mareomotriz: potencial energético y medio ambiente. *Gestión y Ambiente, 18*(2), 121–134. https://www.redalyc.org/pdf/1694/169443282007.pdf

Guido Gubinelli. (2023). Avances y retrasos: El estado de los proyectos renovables que entrarán en operaciones en 2023 y 2024. *Energía Estratégica*. https://www.energiaestrategica.com

Guzmán, M. F. S., Ruiz, D. D. P., Martínez, J. F. G., Sierra, M. L. R., & Torres, S. N. C. (2017). Análisis prospectivo del uso de energía solar: Caso Colombia. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, (71),* 85–93. https://doi.org/10.33064/iycuaa201771604

Hernández Palma, H. G., & Pinto Torres, F. J. (2022). *Guía de interventoría administrativa para la implementación de sistemas fotovoltaicos en proyectos de construcción en la región Caribe colombiana (2020–2021)* [Tesis doctoral, Universidad Santo Tomás]. Repositorio USTA. https://repository.usta.edu.co/handle/11634/46943

Machuca Hernández, A. (2024). *Implementación de energía eólica off-shore en Colombia* [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia]. https://hdl.handle.net/1992/74768

Martínez Torres, C. T. (s. f.). *Diseño de una guía metodológica para interventoría en proyectos híbridos en zonas no interconectadas* [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. https://repository.udistrital.edu.co/items/51723831-a110-4db4-9483-b6ce6355d5ec

Martínez-Quiñonez, D. F. (2023). Entrenamiento profesional a ingenieros y tecnólogos administrativos en el uso de energías renovables. *Revista Luz*, *22*(2), 84–95. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1814-151X2023000200084&script=sci_arttext

Merino, L. (2012). Las energías renovables. *Energías Renovables*, *1*(1), 20. https://www.energias-renovables.com/ficheroenergias/productos/pdf/cuaderno_GENERAL.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2013). *Reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE*. https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/23987521/RETIE.pdf

Ortiz Motta, D. C., Sabogal Aguilar, J., & Hurtado Aguirre, E. (2012). Una revisión a la reglamentación e incentivos de las energías renovables en Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, *20*(2), 55–67. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-68052012000200004&script=sci_arttext

Poveda Rivera, X. A. (2023). *Pasantía apoyo en la digitalización de la cartografía base y procesamiento del levantamiento aerofotogramétrico para el diseño y licenciamiento ambiental del proyecto Parque Solar San Martín–El Paso, Cesar* [Informe de pasantía, Universidad Distrital]. https://repository.udistrital.edu.co/items/f66bb742-3479-45bc-852d-e29f37293a0b

Ramos Rodríguez, H. L., & Badillo Moreno, C. P. (2014). *Generación de energía geotérmica en Colombia* [Tesis de pregrado, Universidad EAN]. http://hdl.handle.net/10882/6012

RENOVABLES, E., & Alarcón, N. B. (2020). *Contrato consultoría N.º 057–2020. Contratante: IPSE. Contratista: Consorcio CONSENER 2020*. Fidupopular. https://www.fidupopular.com.co/repositorio/fidupopular/Convocatorias-

Oficiales/Convocatorias-Obras-por-Impuestos/Licitacion-privada-abierta-No-1-PA-Oxi-Geb-Gerencia-Anexo-02/10-2-5-Plan-de-Manejo-Ambiental-Riohacha.pdf

Rincón, S. M., & Camargo, A. K. V. (2018). Energías renovables: un futuro óptimo para Colombia. *Punto de Vista, 9*(13), 1–12. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6540491

Rodríguez, A., & Calderón, K. (2024). Impactos de los proyectos de energía eólica en las comunidades indígenas Wayuu en La Guajira, Colombia. *Margens, 18*(30), 45–62. https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistamargens/article/view/17104

Rueda, G. A. R., & Herrera, E. M. V. (2024). *Estudios geotécnicos para el desarrollo de proyectos solares de gran escala: Exploración geotécnica apropiada para el proyecto* [Informe técnico, Universidad de Santander]. https://repositorio.udes.edu.co/server/api/core/bitstreams/e415ac6f-62a8-4ce6-8e80-4c717431b071/content

Russo, V. (2009). El Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER). *Petrotecnia, 4*, 40–46. https://www.petrotecnia.com.ar/petro_08/Permer_SP.pdf

Sánchez Henao, J. C. (2010). *Interventoría de proyectos y obras*. Escuela de Construcción, Universidad Nacional de Colombia. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8360

Soto Gutiérrez, J. J. (2016). *Desarrollo de la energía eólica en Colombia* [Trabajo de grado, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. https://hdl.handle.net/20.500.11839/624

Torres Fernández, F. R. (2016). *Análisis del marco normativo del sector eléctrico colombiano: Impactos en la regulación eléctrica de la Ley 1715 de 2014* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia]. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59813

Tovar Mayor, D. P., & España Castro, R. (2019). *Apoyo técnico en la interventoría de la rehabilitación y adecuación del parque principal de San Alfonso-Villavieja-Huila* [Informe técnico, Universidad Cooperativa de Colombia]. https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/bdc53a3a-2dd8-458b-af1f-b6b2d9091794

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2006). *Unidad de Planeación Minero Energética – UPME*. Ministerio de Minas y Energía. https://www.upme.gov.co

Urrego, L. R., Mendoza, M. V., León, H. G., & Ocampo, P. C. (2018). La gestión para cadena de suministro de sistemas de energía solar fotovoltaica en Colombia y su situación actual. *Avances: Investigación en Ingeniería, 15*(1), 112–130. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6802186

Valenzuela-Gálvez, J. A. (2020). *La Guía 77: Guía técnica de interventoría y supervisión para diseños y obras sostenibles de edificios públicos de bajo costo en Colombia* [Publicación académica, Universidad Católica de Colombia]. https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/570cccb9-954d-4a32-bd79-4332030faee9

Velasco, J. G. (2009). *Energías renovables*. Reverté.