

UNIVERSIDAD EAN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

**ANÁLISIS DE RIESGOS EN PROYECTOS FASE 3 DE ENERGÍAS RENOVABLES-
PANELES SOLARES-, EN COLOMBIA, A PARTIR DE LA GUÍA DEL PROJECT
MANAGEMENT INSTITUTE – PMI-**

**JONATHAN ÁLVAREZ PADILLA
YESENIA YISETH CAMACHO JEREZ
ANA PATRICIA MEJÍA REBOLLEDO
OSCAR MAURICIO OTALORA GIL**

**DIRECTOR
DENISE CAROLINE ARGÜELLES PABÓN**

BOGOTÁ, D.C., 24 DE MAYO DE 2021

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 Planteamiento del problema.....	8
1.1.1 Antecedentes.....	8
1.1.2 Descripción.....	11
1.2 Justificación.....	11
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 Objetivo General.....	12
1.3.2 Objetivos específicos.....	13
2. MARCO DE REFERENCIA.....	14
2.1 Marco Teórico.....	14
2.1.1 Proyecto.....	14
2.1.1.1 Definición.....	14
2.1.1.2 Ciclo de vida de proyectos.....	15
2.1.1.3 Clases de proyectos.....	18
2.1.2 Proyectos del sector energético en Colombia.....	18
2.1.2.1 Registro de proyectos de expansión de la matriz energética.....	20
2.1.2.2 Proyectos de energías tradicionales en Colombia.....	21
2.1.2.3 Proyectos energías renovables en Colombia.....	21
2.1.2.4 Matriz energética de Colombia mediante energía solar.....	23
2.1.3 Energías renovables.....	23
2.1.3.1 Definición.....	24
2.1.4 Project Management Institute- PMI-.....	25
2.1.4.1 ¿Qué es el Project Management Institute- PMI-?.....	25
2.1.4.2 ¿Qué es el PMBOK®?.....	25

2.1.4.3	Grupos de procesos.....	25
2.1.4.4	Áreas de conocimiento	26
2.1.4.5	Gestión de riesgos.....	26
2.1.4.5.1	Planificar la gestión de riesgos.....	26
2.1.4.5.2	Identificar los riesgos	26
2.1.4.5.3	Realizar el análisis cualitativo de riesgos.....	27
2.1.4.5.4	Realizar el análisis cuantitativo de riesgos.....	27
2.1.4.5.5	Planificar la respuesta a los riesgos.....	27
2.1.4.5.6	Implementar la respuesta a los riesgos.....	28
2.1.4.5.7	Monitorear los riesgos.....	28
2.2	Hipótesis.....	28
2.3	Sector Económico	28
2.3.1	Sector eléctrico colombiano.....	29
2.3.1.1	Comercialización.....	30
2.3.1.2	Distribución	30
2.3.1.3	Transmisión	31
2.3.1.4	Generación.....	31
3.	MARCO METODOLÓGICO	32
3.1	Enfoque y tipo de investigación.....	32
3.1.1	Enfoque.....	32
3.1.2	Tipo de estudio.....	32
3.1.3	Alcance de la investigación	32
3.2	Definición de las variables	33
3.2.1	Definición conceptual de Riesgo	33
3.2.1.1	Triple restricción.....	33

3.2.2	Definición operacional.....	34
3.2.2.1	Riesgo	34
3.2.2.2	Triple restricción.....	34
3.3	Definición de la población	35
3.3.1	Caracterización	35
3.3.2	Definición de la muestra	35
3.3.2.1	Tipo.....	35
3.3.2.2	Tamaño de la muestra.....	36
3.4	Métodos específicos- herramientas-, e instrumentos de recolección de información....	36
3.4.1	Definición de métodos	36
3.4.2	Instrumentos para la recolección de información	36
3.4.2.1	Definición	36
3.4.2.2	Diseño de instrumentos	37
3.4.2.3	Validación de instrumentos	37
3.4.3	Técnicas para el análisis de los datos.....	38
3.4.3.1	Recolección de datos	39
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	40
5.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	53
5.1	Hoja de ruta para la gestión de riesgos.....	55
6.	REFERENCIAS	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida de un proyecto	15
Figura 2. Representación genérica del ciclo de vida de un proyecto.....	16
Figura 3. Impacto de las variables en el tiempo.....	17
Figura 4. Ciclo de vida del proyecto y sus efectos	18
Figura 5. Número de cuestionarios respondidos.....	39
Figura 6. Pregunta 1: ¿Cuál ha sido su rol en los proyectos de paneles solares?	40
Figura 7. Pregunta 2: ¿Cuál ha sido su experiencia en años en Gerencia de Proyectos en Colombia?.....	40
Figura 8. Pregunta 3: ¿Cuál ha sido su experiencia en años en Gerencia de Proyectos de Energías Fotovoltaicas con paneles solares?	41
Figura 9. Pregunta 4: ¿Su empresa, tiene conocimientos en gestión de proyectos como el PMI?.....	41
Figura 10. Pregunta 7: ¿Puede indicarnos que áreas de gestión ha sufrido el mayor con impacto con la materialización de los riesgos en sus proyectos?	42
Figura 11. Pregunta 8: ¿Puede indicarnos de los tipos de riesgos que se muestran a continuación, cuales han sido los más comunes en el desarrollo de proyectos de generación fotovoltaica con energías renovables?	42
Figura 12. Pregunta 11: Afirmaciones sobre riesgos técnicos.....	44
Figura 13. Pregunta 12: Afirmaciones sobre riesgos de gestión.....	45
Figura 14. Pregunta 13: Afirmaciones sobre riesgos comerciales.....	46
Figura 15. Pregunta 15: Afirmaciones sobre riesgos ambientales.....	47
Figura 16. Pregunta 16: Afirmaciones sobre riesgos sociales	48
Figura 17. Pregunta 17: Tiempo adicional para la finalización de los proyectos según los riesgos	50
Figura 18. Pregunta 18: Costo adicional para la finalización de los proyectos según los riesgos	52

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Proyección Plan de Expansión 2017-2031	22
Tabla 2. Extracto de una estructura de desglose de los riesgos (RBS).....	34
Tabla 3. Hallazgos en riesgos técnicos	43
Tabla 4. Hallazgos en riesgos de gestión	45
Tabla 5. Hallazgos en riesgos comerciales	46
Tabla 6. Hallazgos en riesgos ambientales	47
Tabla 7. Hallazgos en riesgos sociales.....	48
Tabla 8. Hallazgos en tiempos adicionales de los proyectos según los riesgos.....	49
Tabla 9. Hallazgos en costos adicionales de los proyectos según el tipo de riesgos.	51
Tabla 10. Propuesta Hoja de Ruta.....	57

RESUMEN

Actualmente, el sistema eléctrico colombiano está desarrollando proyectos en energías renovables- Paneles Solares-, proyectos que deben gestionarse evaluando los riesgos positivos y negativos, para que de una manera unificada y proactiva se desarrolle el ciclo de vida del proyecto. Esta investigación estuvo orientada en analizar los riesgos de los proyectos y de esta forma proporcionar información para gestionar futuros proyectos cumpliendo con los objetivos y metas propuestas.

El objetivo general de la investigación consistió en realizar el análisis de riesgos en proyectos fase 3 de energías renovables- Paneles Solares-, en Colombia, a partir de la guía del Project Management Institute – PMI-, con el fin mejorar la planeación y ejecución de este tipo de proyectos. Esto se realizó a través del enfoque cuantitativo, con la aplicación de un instrumento de recolección de información en empresas del sector de estudio.

Como conclusiones de esta investigación se obtuvo que la categoría de riesgos más frecuente en este tipo de proyectos son los riesgos en temas sociales y riesgos en temas comerciales. Adicionalmente, se confirmó que los riesgos impactan la triple restricción, pero en la mayoría de los casos el área más impactada es el tiempo.

PALABRAS CLAVE

Energías renovables, paneles solares, PMI, proyectos, riesgos.

1. INTRODUCCIÓN

El sector energético de Colombia ha experimentado un alto crecimiento de proyectos de energías renovables especialmente los provenientes de la energía fotovoltaica, debido al impulso e incentivos por parte del gobierno por el desarrollo de nuevas formas de energía más amigables con el medio ambiente. Además, existe cada día más un alto compromiso porque el porcentaje de generación de la energía renovable crezca en la contribución de la matriz energética de Colombia.

Los proyectos de energía renovable para que sean rentables y cumplan con la triple restricción de alcance, tiempo y costo necesitan conocer cómo los riesgos afectan los índices o márgenes de rentabilidad, y como se deberían gestionar estos para minimizar los efectos negativos a los proyectos. Desde el 2017, los proyectos que más se han presentado ante la Unidad de Planeación Minero Energética -UPME- han sido de energía fotovoltaica, es por eso por lo que se hace necesario el conocimiento de los riesgos en este tipo de proyectos que permita gestionarlos de una mejor manera.

1.1 Planteamiento del problema

1.1.1 Antecedentes

Desde al año 2014, Colombia está promoviendo el desarrollo de proyectos de energías renovables para su integración al sistema eléctrico interconectado nacional. Colombia cuenta actualmente con una ley promulgada por el Congreso de la República que rige la conexión de este tipo de proyectos, y la cual tiene como objeto lo siguiente:

La presente ley tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto

la eficiencia energética como la respuesta de la demanda, Congreso de Colombia. [Ley 1715 de 2014, p.1].

Los tipos de proyectos que contemplan las energías renovables no convencionales son las siguientes: a) biomasa; b) pequeños aprovechamientos hidroeléctricos; c) eólica; d) la geotérmica; e) solar y; f) mares.

Los proyectos de energías renovables, a partir de esta ley, son atractivos ya que este tipo de proyectos son considerados de utilidad pública e interés social, con lo cual tiene prioridad para su desarrollo. Adicionalmente, tienen un incentivo económico, en términos de descuento en pago de impuestos de renta e IVA, de tipo arancelario y en temas de depreciación.

Con estos incentivos, diferentes compañías en el sector eléctrico iniciaron su preparación para el desarrollo de este tipo de proyectos, para lo cual deben cumplir con todos los requisitos establecidos por la ley, los cuales son revisados por la Unidad de Planeación Minero Energética-UPME-, la cual es la entidad encargada de la planeación del sistema eléctrico (Departamento Administrativo de la Función Pública, 2017).

Para la ejecución de este tipo de proyectos, la Unidad de Planeación Minero Energético (UPME, 2016) definió tres fases para el registro, los cuales se resumen en:

- Fase 1: para proyectos en prefactibilidad;
- Fase 2: para proyectos en factibilidad;
- Fase 3: para proyectos en ingeniería de detalle.

A través de esta clasificación se puede identificar en qué estado se encuentra cada proyecto, y de esta forma proyectar cuándo entrarán en operación para la planeación del sistema eléctrico. El estado de este tipo de proyectos puede ser verificado en el sistema de información con el que cuenta la UPME.

La matriz energética de Colombia está principalmente constituida por energía hidroeléctrica con un 69.7%, seguido de energía a base de gas en un 10.10% y energía a base de carbón en un 8.1%, y seguidas en un porcentaje menor por energías como ACPM, Biogás, Bagazo, y en menores proporciones por la radiación solar y la energía eólica (UPME, 2018).

En el año 2018, Colombia reportó una baja participación de las energías renovables en la matriz de generación eléctrica, representando en 0.1% para sistemas eólicos, 1.3% PCHs menores a 10 MW y 2.5% para PCHs entre 10 y 20MW. La generación de energía solar, geotérmica o mareomotriz es virtualmente inexistente, en contraste con las plantas mayores de

generación hidroeléctrica, representadas en el 66.6% y las plantas termoeléctricas con el 28.5% (UPME, 2015). Sin embargo, la expansión de la generación de electricidad en el plan de 2017-2031 en el sistema interconectado nacional, con la inclusión de las energías renovables no convencionales como la energía eólica y solar, se pretende complementar a la generación hidroeléctrica a 2031 entre el 6 y el 10% de la participación de generación provenga de fuentes no renovables (UPME, 2018).

Desde el 2007 a la fecha han presentado 123 proyectos en el sector térmico, de los cuales hay 18 en proyectos de fase 1, 91 proyectos de fase 2, y hay 4 en Fase 3, dentro del total de proyectos presentados actualmente hay 5 proyectos vigentes, 1 en Fase 1 y 4 en Fase 2 (SIEL 2020). Sobre los proyectos presentados en el sector hidroeléctrico a la fecha se han presentado 566 proyectos, de los cuales hay 344 proyectos en fase 1, 120 proyectos en fase 2 y 28 proyectos en fase 3, dentro del total de proyectos presentados actualmente hay 71 proyectos vigentes, 39 en Fase 1, 31 en fase 2 y 1 en fase 3 (SIEL, 2020).

El panorama para las energías renovables cada vez tienen mucho más valor, fuente de energía como la solar, hidroeléctrica, térmica, eólica, biomasa y geotérmica, desde el 2007 a la fecha se han presentado 1691 proyectos dentro de los cuales 323 se encuentran en estado vigente, de estas 1691 iniciativas, la energía solar es la que más iniciativas ha presentado, con un total de 913 proyectos, de los cuales 464 proyectos se encuentran en fase 1, 259 proyectos en fase 2 y 80 proyectos en fase 3 (SIEL, 2020).

Dadas las cifras anteriores la energía solar es una de las fuentes con mayor número de proyectos presentados actualmente y se muestra que es una de las principales Fuentes no Convencionales de Energía Renovable - FNCER- que son de gran apuesta para cumplir las metas referenciadas por el Plan Energético Nacional.

Es importante también nombrar que las fuentes no renovables han incrementado el uso eficiente de la energía. Desde el año 2010, los costos de los sistemas de energía fotovoltaica o energía solar han disminuido en un 70%, la energía eólica en un 25% y el almacenamiento de energía por baterías en un 25%. Esto contribuyendo de manera positiva la implementación de la generación descentralizada. (Bertaglio, 2018, citado por Varón, 2020, p. 27)

Es importante aclarar que los proyectos adjudicados de generación eléctrica por la Unidad de Planeación Minero Energético, son de vital importancia para el plan de expansión eléctrica en Colombia, por lo cual es de mucha claridad que cuando un proyecto en ejecución tiene retrasos

en el cronograma o ejecución, no solo se ve afectado el inversionista sino también el sistema, ya que no se reciben los beneficios esperados, y puede implicar desabastecimiento en la demanda y/o sobrecostos en esta, ya que según principio de los sistemas eléctricos el KW más costoso es aquel que no se puede suministrar. (Jacobo, 2017)

1.1.2 Descripción

Teniendo en cuenta que los proyectos de energías renovables, se consideran un tema relativamente nuevo en el sector eléctrico colombiano, y dada la importancia de estos, se debe hacer énfasis en los riesgos específicos que se presentan durante la ejecución de estos nuevos desarrollos energéticos, donde dependiendo de su identificación, análisis, respuesta y control, se logrará el éxito y el cumplimiento de los objetivos o metas de este tipo de proyectos.

Por medio del análisis de riesgos en proyectos fase 3 de energías renovables -Paneles Solares- en Colombia, a partir de la guía del Project Management Institute – PMI-, se busca identificarlos, y ayudar al sector eléctrico a viabilizar posibles respuestas ante los riesgos que se presentan en los proyectos, para cumplir estos puedan cumplir con su alcance, tiempo y costos, y de esta forma contribuir a diversificar la matriz eléctrica y de esta forma aportar a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

¿Cómo se puede realizar el análisis de riesgos en proyectos fase 3 de energías renovables – Paneles Solares en Colombia, a partir de la guía del Project Management Institute – PMI-?

1.2 Justificación

Actualmente, los proyectos se gestionan evaluando cada día más los riesgos, tanto positivos y negativos, los cuales se deben gestionar de una manera unificada y proactiva durante todo el ciclo de vida del proyecto, con el fin de que se minimicen los problemas que afecten los objetivos y buscar de esta forma que no se incremente los costos o plazos los proyectos.

Con esta investigación se documentarán los riesgos que se presentan en los proyectos fase 3 de energías renovables -Paneles Solares-, en Colombia y de esta forma proporcionar información para gestionar futuros proyectos cumpliendo con los objetivos y metas propuestas.

Los proyectos de energías renovables en Colombia están cambiando la matriz energética de Colombia y a 2031 se proyecta que este tipo de proyectos aumente entre el 6% y 10% de la generación total del país. En la última década, los proyectos de energías renovables que están aportando a esta meta corresponden a los de tipo Paneles Solares, por lo cual la entrada en operación de estos proyectos es importante, y toda la gestión de riesgos que se realice con el fin de cumplir los objetivos de estos proyectos aporta de manera significativa a estos objetivos.

Adicionalmente, dentro de los tipos de riesgos que se presentan en los proyectos están los de tipo social y ambiental, los cuales afectan directamente a las comunidades, por lo cual a través de esta investigación se aporta en estrategias para la gestión de este tipo de riesgos y así reducir los impactos donde se desarrollan los proyectos.

Para cumplir con los objetivos, esta investigación se realizará con la guía establecida por el PMI, con lo cual se profundizarán los conocimientos en la gestión de proyectos bajo lineamientos internacionales y se aplicarán los conceptos teóricos en proyectos reales.

Valor teórico: Con la investigación se determinarán cuáles son los riesgos más frecuentes en los proyectos fase 3 de energías renovables -Paneles Solares-, en Colombia, y de esta forma se propondrán estrategias y planes de respuesta que pueden servir para la ejecución de futuros proyectos.

Para esta investigación, el campo de investigación es Emprendimiento y Gerencia, el grupo de investigación es Dirección y Gestión de Proyectos y la línea de investigación es: Modelos, metodologías y sistemas de gestión para la gerencia de proyectos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Realizar el análisis de riesgos en proyectos fase 3 de energías renovables- Paneles Solares-, en Colombia, a partir de la guía del Project Management Institute – PMI-, para mejorar la planeación y ejecución de este tipo de proyectos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar los proyectos de proyectos fase 3 de energías renovables- Paneles Solares-, en Colombia;
- Identificar y documentar cuáles son los riesgos que se presentan en los proyectos fase 3 de energías renovables- Paneles Solares- en Colombia;
- Establecer los efectos que tienen los riesgos sobre los proyectos fase 3 de energías renovables- Paneles Solares- en Colombia;
- Realizar el análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos identificados para los proyectos fase 3 de energías renovables- Paneles Solares- en Colombia;
- Proponer una hoja de ruta para la gestión de riesgos de los proyectos fase 3 de energías renovables- Paneles Solares- en Colombia.

En el capítulo 1, Problema de Investigación, se presentan los antecedentes y el problema propuesto, así como los objetivos generales y específicos, finalizando con la pregunta de la investigación.

En el capítulo 2, Marco de Referencia, se presenta la definición de proyecto, PMI, riesgos y sector eléctrico. Se incluye el comportamiento de la matriz energética en Colombia y cómo está constituida actualmente, enfocado sobre las energías renovables y especialmente sobre la energía fotovoltaica. En la hipótesis se presenta la afirmación que a lo largo de la investigación se validará y en el apartado del sector económico se presenta la composición del sector eléctrico colombiano.

En el capítulo 3, Marco Metodológico, se aborda el enfoque y tipo de investigación usada, así mismo las variables analizadas a partir de la hipótesis, la población, muestra y se finaliza con la herramienta usada para la recolección de datos.

En el capítulo 4, Análisis de resultados, se expone la información obtenida por medio de la aplicación de instrumentos a diferentes empresas del sector de energías renovables.

En el capítulo 5, Discusión, se exponen los hallazgos encontrados en la investigación y cómo se relacionan con el problema, objetivos e hipótesis planteada, y en la parte final se exponen las conclusiones de la investigación.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Proyecto

2.1.1.1 Definición

De acuerdo con Pinto (2015, p. 4) “Los proyectos son uno de los medios principales a través de los cuales podemos cambiar el mundo”, pero para definir adecuadamente ¿qué es un proyecto?, se deben considerar todas las variables que hacen parte de cada uno de ellos, de tal forma que se puede establecer que “es el conjunto de actividades interrelacionadas y no rutinarias” (Izar, 2016, p. 1), para lograr el objetivo de un cliente, y con ello se procura “cumplir con los atributos de calidad dentro del tiempo establecido y con el presupuesto y recursos asignados.” (Izar, 2016, p. 1).

“Un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema, la cual tiende a resolver una necesidad humana.” (Baca, 2013, p. 2).

Según el Project Management Institute (2017, p. 4) “un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” y debe cumplir con las siguientes características:

1. “Producto, servicio o resultado único: Los proyectos se llevan a cabo para cumplir objetivos mediante la producción de entregables.” (PMI, 2017, p.4).
2. “Esfuerzo temporal: La naturaleza temporal de los proyectos implica que un proyecto tiene un principio y un final definidos.” (PMI, 2017, p.5).
3. “Los proyectos impulsan el cambio: Desde una perspectiva de negocio, un proyecto está destinado a mover una organización de un estado a otro estado a fin de lograr un objetivo específico” (PMI, 2017, p.6).
4. “Los proyectos hacen posible la creación de valor del negocio: El valor de negocio en los proyectos se refiere al beneficio que los resultados de un proyecto específico proporcionan a sus interesados.” (PMI, 2017, p.7).
5. Contexto de iniciación del proyecto: Se deben tener en cuenta factores como:

- “Cumplir requisitos regulatorios, legales o sociales
- Satisfacer solicitudes o necesidades de los interesados
- Implementar o cambiar las estrategias de negocio o tecnológicas
- Crear, mejorar o reparar productos o servicios.” (PMI, 2017, p.7).

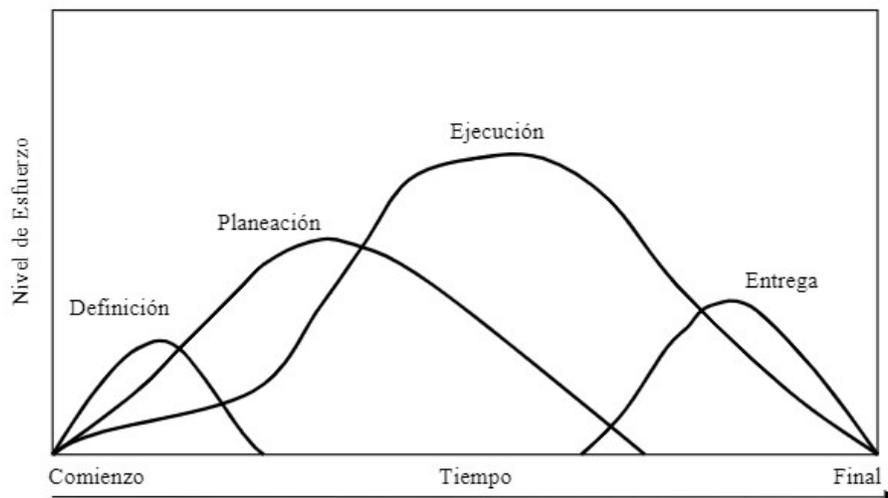
2.1.1.2 *Ciclo de vida de proyectos*

El ciclo de vida de los proyectos corresponde a las etapas secuenciales por las cuales pasa un proyecto. A continuación, se presenta la definición establecida por el PMI:

El ciclo de vida de un proyecto es la serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión. Una fase del proyecto es un conjunto de actividades del proyecto, relacionadas de manera lógica, que culmina con la finalización de uno o más entregables. Las fases pueden ser secuenciales, iterativas o superpuestas (PMI, 2017, p. 547).

“Es usual que el ciclo de vida se presente en un gráfico, como el de la Figura 1, en el eje vertical presenta el nivel de esfuerzo que requiere el proyecto y en el eje horizontal al tiempo.” (Izar, 2016, p. 10).

Figura 1. Ciclo de vida de un proyecto



Fuente: Gray y Larson (2009, p.7)

El ciclo de vida del proyecto atraviesa, usualmente, cuatro etapas: definición, planeación, ejecución y entrega. El punto de partida se da en el arranque del proyecto. Poco a poco se suman los esfuerzos hasta llegar a un punto máximo, para caer luego hasta la entrega del proyecto al cliente (Gray y Larson, 2009).

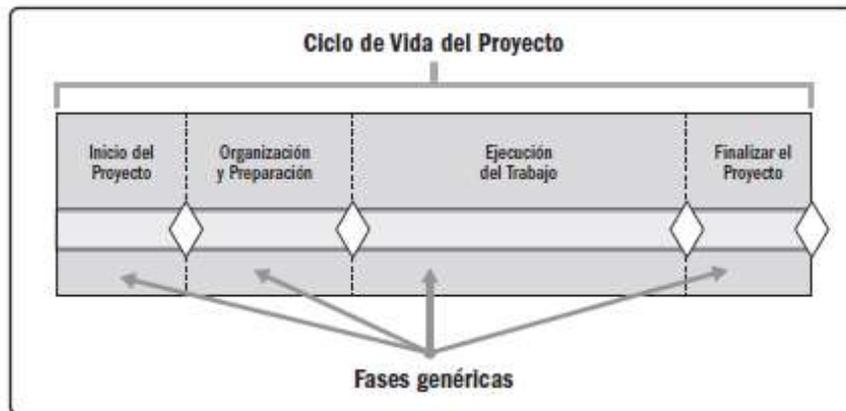
Se debe tener en cuenta que los proyectos siempre tienen un inicio y un final, en cambio los entregables específicos y el trabajo ejecutado varían dependiendo del proyecto. El ciclo de vida proporciona el punto de partida para dirigir el proyecto, sin consideración del trabajo específico involucrado. (PMI, 2017).

A partir de lo especificado en el PMBOK® (PMI, 2017, p. 548) “un proyecto típico puede configurarse dentro de la siguiente estructura de ciclo de vida del proyecto:

- Inicio del proyecto
- Organización y preparación
- Ejecución del trabajo
- Cierre del proyecto”

De acuerdo con el PMI, el ciclo de vida de un proyecto se puede representar como se observa en la Figura 2.

Figura 2. Representación genérica del ciclo de vida de un proyecto

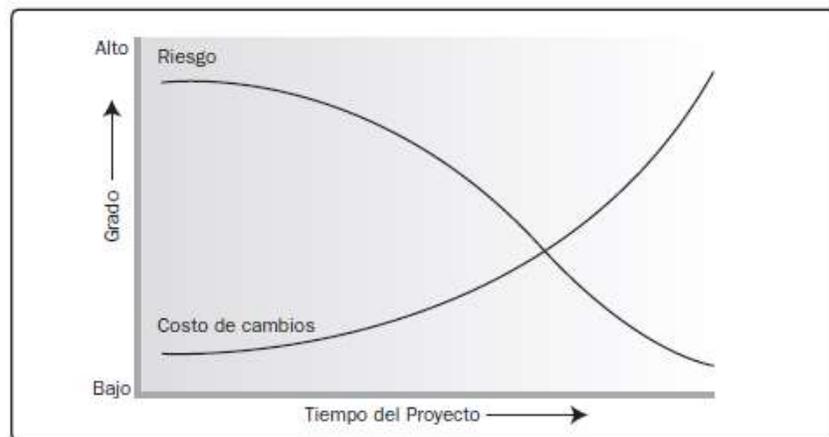


Fuente: PMI, 2017, p. 548

“Una estructura genérica del ciclo de vida normalmente presenta las siguientes características: Los niveles de costo y dotación de personal son bajos al inicio del proyecto, aumentan según se desarrolla el trabajo y caen rápidamente cuando el proyecto se acerca al cierre.” (PMI, 2017, pp. 548).

Al inicio del proyecto se presentan más riesgos, y disminuyen a medida que se van tomando decisiones y aprobando los entregables, durante el proyecto. La capacidad de influir en las características finales del producto del proyecto por parte de los interesados es más alta al inicio del proyecto y va disminuyendo a medida que el proyecto avanza, tal como se observa en la Figura 3 (PMI, 2017).

Figura 3. Impacto de las variables en el tiempo



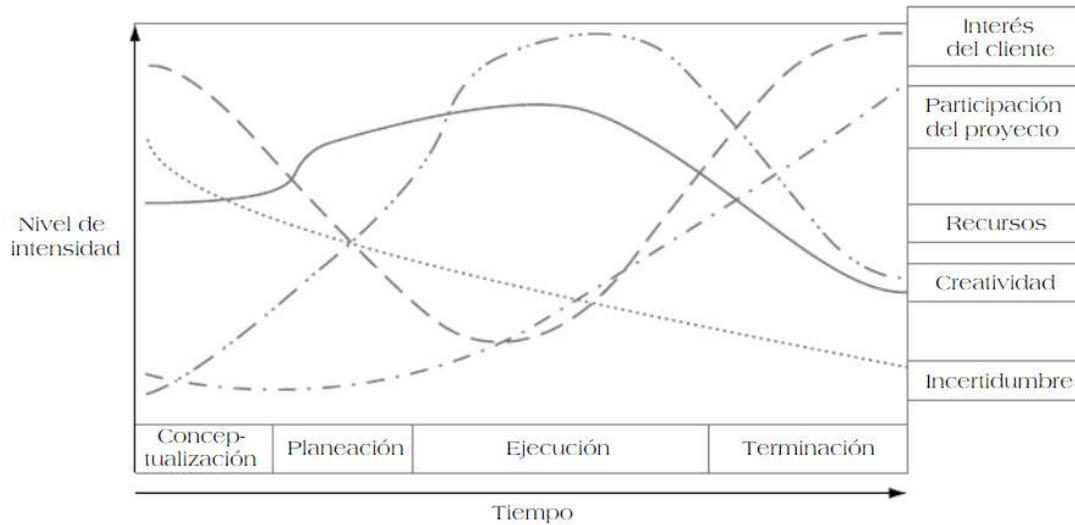
Fuente: PMI, 2017, p. 548

De acuerdo con Pinto (2015), el ciclo de vida es un medio útil para visualizar las actividades y los retos que se presentan durante un proyecto.

La Figura 4, indica alguna de estas características y cómo evolucionan durante el curso de la realización de un proyecto; “los cinco componentes de un proyecto que pueden cambiar a lo largo de su ciclo de vida son:

- El interés del cliente
- Participación del proyecto
- Recursos
- Creatividad
- Incertidumbre” (Pinto, 2015, pp. 13-14).

Figura 4. Ciclo de vida del proyecto y sus efectos



Fuente: Pinto, 2015, p. 13

2.1.1.3 Clases de proyectos

En la bibliografía se encuentran diversas maneras de clasificar los proyectos, uno de los criterios de clasificación es el objetivo del proyecto, que puede ser: la rentabilidad del proyecto, la rentabilidad del inversionista o la capacidad de pago del proyecto (Izar, 2016).

Por otro lado, se pueden clasificar teniendo en cuenta la finalidad de inversión, es decir del objetivo o de la asignación de recursos, para lo cual se puede distinguir entre proyectos para crear nuevos negocios o empresas y proyectos para realizar cambios, mejoras o modernización en una empresa ya existente (Sapag y Sapag, 2008).

A partir de lo descrito por Gray y Larson (2009, p. 31) “muchas organizaciones encuentran que tienen tres tipos de proyectos en su portafolio; de cumplimiento y emergencia, operativos, de administración de la calidad total y por últimos los proyectos estratégicos”.

2.1.2 Proyectos del sector energético en Colombia

“El mundo desarrolla una matriz energética para atender el exigente consumo de una sociedad capitalista con un crecimiento desbordado que requiera grandes cantidades de energía” (Corredor, 2018, p. 109). De esta manera el mundo necesita de la generación eléctrica que

permita desarrollar cada una de las tareas y actividades económicas. En el 2019 el crecimiento de consumo de energía se desaceleró en 1.3 menos que la mitad del año 2018 (BP, 2020).

La matriz energética del mundo está dominada por las fuentes de combustibles fósiles, en un 84,3%, mientras que el 4.3% proviene de la energía nuclear, el 6.4% de la hidroelectricidad y tan solo un 5% de fuentes renovables (BP, 2020). Mientras que en el contexto nacional aproximadamente un 78% de la energía consumida hoy día en Colombia proviene de fuentes de fósiles, mientras que el 22% restante proviene de fuentes renovables (UPME, 2015).

La generación eléctrica puede realizarse a través de fuentes renovables, o a través de fuentes tradicionales que usan los recursos fósiles para la generación eléctrica. En las fuentes renovables se pueden citar la energía hidroeléctrica, energía solar y energía eólica, y las fuentes tradicionales utilizan los derivados del petróleo, el carbón, y el gas natural.

La disponibilidad local de Fuentes no Convencionales de Energía Renovable -FNCER-, aun no aprovechadas, la reducción de los costos en generación de esta energía, y la evolución tecnológica hacen que la integración de las fuentes renovables no tradicionales cobre valor en la matriz energética del país (UPME, 2015).

En Colombia los proyectos del sector eléctrico durante los últimos 19 años han demostrado tener un funcionamiento confiable y eficiente a pesar de tener un comportamiento dinámico, especialmente por los factores ambientales como el fenómeno del niño y del conflicto interno, como ataque de grupos armados, que han afectado su funcionamiento (UPME 2013).

Los proyectos de generación eléctrica están compuestos por las siguientes actividades:

- Generación: producido por energía eléctrica con plantas conectadas al Sistema Interconectado Nacional.
- Transmisión: transporte de energía eléctrica a través de líneas de tensión igual o superiores a 220kV, que pueden ser a nivel regional o nacional.
- Distribución: transporte de energía a través de líneas de tensión iguales o superiores a 220kV y que operan a nivel regional, ya que prestan su servicio a nivel municipal, distrital o local.
- Comercialización: compra y venta de energía eléctrica en el mercado mayorista a los usuarios finales (UPME, 2013, p. 12-13).

La matriz energética de Colombia está compuesta principalmente por energía hidroeléctrica con un 69.7%, seguido de energía a base de gas en un 10.10% y energía a base de

carbón en un 8.1%, y seguidas en un porcentaje menor por energías como ACPM, Biogás, Bagazo, y en menores proporciones por la radiación solar y la energía eólica (UPME, 2018).

Los objetivos del plan energético nacional están encaminados a satisfacer y fortalecer los requerimientos energéticos del país, debido a la entrada de nuevas demandas de comunidades, mayores niveles de crecimiento, desarrollo tecnológico y por los compromisos de mitigar los impactos ambientales (UPME, 2020).

En el camino de entender como han sido los proyectos energéticos en Colombia, y siguiendo la transformación de la energía en Colombia se puede entender que los proyectos fueron el resultado de las decisiones y los proyectos energéticos en Colombia toman un periodo de construcción y de transformación y sus impactos son más largos en el tiempo (UPME, 2020).

2.1.2.1 Registro de proyectos de expansión de la matriz energética

El registro de proyectos de generación es un mecanismo voluntario e informativo con el que cuenta la Unidad de Planeación Minero Energético, para facilitar el cumplimiento de la ley 143 de 1994, y es usado para conocer las diferentes iniciativas de proyectos de generación del país, por lo cual da a conocer los proyectos que hacen parte de la expansión de generación de energía del país (UPME, 2016).

El proceso de registro se divide en tres fases, las cuales están muy ligadas con el avance del proyecto, de esta manera se puede indicar:

- Fase 1: Corresponde a los proyectos con estudios de prefactibilidad del proyecto, e incluye dentro de sus requisitos la solicitud de licencias ambientales.
- Fase 2: Corresponde a la factibilidad del proyecto, y dentro de esta se define si el proyecto es técnica, económica, financiera y ambientalmente factible y conveniente, y establece la estructura financiera del mismo.
- Fase 3: Corresponde a la etapa de diseños definitivos del proyecto y cronograma de ejecución.

2.1.2.2 Proyectos de energías tradicionales en Colombia

El modelo de generación eléctrica en Colombia, presenta una configuración centralizada en energías tradicionales especialmente de energía hidroeléctrica, y energía térmica, que comprende la operación de un grupo limitado de plantas de generación donde existen unos pocos oferentes en el mercado de generación para abastecer la totalidad del servicio eléctrico, sin embargo las crisis energéticas provocadas por el fenómeno del niño ha sido una clara evidencia de la desventaja de este modelo, aunado a la existencia de una matriz eléctrica no diversificada con otras fuentes de generación (Varon, 2020).

Actualmente las fuentes de energías tradicionales en Colombia se encuentran concentrada en la región noroeste y centro del país, obedeciendo a la disponibilidad de recursos energéticos primarios y a la localización de la demanda (UPME, 2013).

Desde el 2007 a la fecha se han presentado 123 proyectos en el sector térmico, de los cuales hay 18 en proyectos de fase 1, 91 proyectos de fase 2, y hay 4 en Fase 3, dentro del total de proyectos presentados actualmente hay 5 proyectos vigentes, 1 en Fase 1 y 4 en Fase 2 (SIEL 2020).

Desde el 2007 a la fecha se han presentado 566 proyectos el sector hidroeléctrico, de los cuales hay 344 proyectos en fase 1, 120 proyectos en fase 2 y 28 proyectos en fase 3, dentro del total de proyectos presentados actualmente hay 71 proyectos vigentes, 39 en Fase 1, 31 en fase 2 y 1 en fase 3 (SIEL, 2020).

2.1.2.3 Proyectos energías renovables en Colombia

Dentro de los proyectos de energías renovables se encuentran la energía hidroeléctrica la cual hace parte de las energías tradicionales. La generación distribuida o generación descentralizada de energía eléctrica (GD), consiste en el proceso de producción y distribución de electricidad a pequeña/mediana escala, cercana a los centros finales de consumo y con posibilidad de interactuar con las redes de conexión eléctrica. Entre los diferentes tipos de fuentes descentralizadas a partir de las Fuentes no Convencionales de Energía Renovable – FNCER-, se pueden citar los sistemas de energía solar o también conocida como fotovoltaica, los sistemas de

energía eólica a pequeña y mediana escala, la energía geotérmica, la energía mareomotriz, las pequeñas centrales hidroeléctricas, las pilas de combustible y, la cogeneración. (Varón, 2020).

Las conexiones de energías renovables al sector eléctrico colombiano permiten contar con una amplia opción en capacidad, y contar con una matriz energética resiliente y más confiable (Ministerio de Minas y Energía, 2019).

Colombia mantiene una visión PEN 2050, Plan Energético Nacional, el cual es un programa donde se describe cómo se consolida la transformación energética del país y por ende el desarrollo sostenible de Colombia, además uno de los objetivos es la diversificación de la matriz energética de Colombia mediante el uso de recursos locales, de nuevas energías, de tecnologías que complemente la matriz actual y el acceso a los flujos de comercio internacional.

Colombia presenta un crecimiento económico de 3% en el largo plazo, y para mantener estos niveles de un mundo cada vez más consiente en el marco de la sustentabilidad, los diferentes sectores de la economía se comprometen e invierten en la reducción de emisiones de CO₂, a través de políticas de eficiencia energética, en particular en la industria, el comercio y los hogares (Ministerio de Minas y Energía, 2019).

En el transcurso de enero-noviembre de 2019 se registraron 364, de los cuales 238 corresponden a proyectos solares (Ministerio de Minas y Energía, 2019).

En el transcurso de enero-noviembre de 2019 se aprobaron 88 conexiones por 4257 MW, de las cuales 63 solicitudes (2923MW) son de fuentes renovables no convencionales (Ministerio de Minas y Energía, 2019).

La expansión de la generación de electricidad en el plan de 2017-2031 en el sistema interconectado nacional, con la inclusión de las energías renovables no convencionales como la energía eólica y solar, se pretende complementar a la generación hidroeléctrica a 2031 en dos posibles escenarios, como se observa en Tabla 1 (UPME, 2018).

Tabla 1. Proyección Plan de Expansión 2017-2031

Recurso	2017		2031			
	Caso Base		Escenario 1		Escenario 2	
Hidráulica	10963	99.8%	13417.7	76.7%	13728.7	82.4%
Eólica	18	0.2%	2876.4	16.4%	1249.4	7.5%
Solar	0	0.0%	1192.6	6.8%	1680.82	10.1%
Total	10981	100.0%	17486.7	100.0%	16658.92	100.0%

Fuente: Informe Plan de Expansión 2017-2031 (UPME, 2018)

Es muy importante recalcar que los proyectos de energía solar y energía eólica se están integrando a la generación eléctrica con muy buena participación en el mercado para el 2031. En las conclusiones del informe del plan de expansión 2017-2031 y de acuerdo con la Tabla 1, la generación hidroeléctrica tiene la capacidad de compensar y gestionar las variaciones mensuales de la generación con los recursos solar y eólico (UPME, 2018).

Colombia reportó en el año 2018 una baja participación de las energías renovables en la matriz de generación eléctrica, representando en 0.1% para sistemas eólicos, 1.3% PCHs menores a 10 MW y 2.5% para PCHs entre 10 y 20MW. La generación de energía solar, geotérmica o mareomotriz es virtualmente inexistente, en contraste con las plantas mayores de generación hidroeléctrica, representadas en el 66.6% y las plantas termoeléctricas con el 28.5% (UPME, 2015).

2.1.2.4 Matriz energética de Colombia mediante energía solar

Desde el 2007 a la fecha se han presentado 1691 proyectos dentro de los cuales 323 se encuentran en estado vigente, de estas 1691 iniciativas, la energía solar es la que más iniciativas ha presentado, con un total de 913 proyectos, de los cuales 464 proyectos se encuentran en fase 1, 259 proyectos en fase 2, y 80 proyectos en fase 3 (SIEL, 2020).

En el informe de registros de proyectos de generación en la Unidad de Planeación Minero Energético, se indica que actualmente hay 222 proyectos de tipo solar registrados, de los cuales 104 proyectos se encuentran en fase 1, 113 proyectos en fase 2 y 5 proyectos en fase 3 (SIEL 2020).

Dadas las cifras anteriores la energía solar es una de las fuentes con mayor número de proyectos presentados y se muestra que es una de las principales Fuentes no Convencionales de Energía Renovable - FNCER- que son de gran apuesta para cumplir las metas referenciadas por el Plan Energético Nacional.

2.1.3 Energías renovables

Al hablar de energías renovables, se hace referencia a una posible solución a la problemática ambiental que se presenta a nivel mundial. En busca de obtener fuentes de energía para la

creciente demanda y recursos de generación limitados, surge la necesidad de migrar hacia otro tipo de generación y hacer frente al tema de la protección ambiental y la seguridad del suministro de energía.

A continuación, se analiza el alcance del concepto de las energías renovables y el fundamento jurídico en Colombia. La ley 697 de 2001, incorpora el concepto del URE (Uso Racional de la Energía) y promueve la investigación para el desarrollo de fuentes alternativas no convencionales, sin embargo, la ley 1715 de 2014 incorpora el tema de la integración de energías renovables al sistema eléctrico colombiano.

2.1.3.1 Definición

De acuerdo con la legislación en Colombia se tienen las siguientes definiciones claves, relacionadas con el concepto de energías renovables:

- “Fuente energética: Todo elemento físico del cual podemos obtener energía, con el objeto de aprovecharla. Se dividen en fuentes energéticas convencionales y no convencionales” [Ley 697 de 2002, p.1].
- “Fuentes convencionales de energía: Son aquellos recursos de energía que son utilizados de forma intensiva y ampliamente comercializados en el país” [Ley 1715 de 2014, p.4].
- “Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE): Son aquellos recursos de energía disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se comercializan ampliamente”. (Ley 1715, 2014, p. 4). Teniendo en cuenta lo anterior, “se consideran FNCE la energía nuclear o atómica y las FNCER. Otras fuentes podrán ser consideradas como FNCE según lo determine la UPME” [Ley 1715 de 2014, p.4].
- “Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER): Son aquellos recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se comercializan ampliamente” [Ley 1715 de 2014, p.3]. Por tal razón, “se consideran FNCER la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica, la solar y los mares. Otras fuentes podrán ser consideradas como FNCER según lo determine la UPME” [Ley 1715 de 2014, p.3].

- Energía Solar: “Energía obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que consiste de la radiación electromagnética proveniente del sol” [Ley 1715 de 2014, p.4].

2.1.4 Project Management Institute- PMI-

2.1.4.1 ¿Qué es el Project Management Institute- PMI-?

El *Project Management Institute- PMI-* “es la asociación profesional, sin ánimo de lucro, para la gestión de proyectos más grande del mundo. Su objetivo principal es avanzar en la práctica, ciencia y profesionalidad de la gestión de proyectos en el mundo, de forma consciente y proactiva. Tiene como misión: *Hacer que la dirección de proyectos sea indispensable para alcanzar los resultados empresariales*” (Barato, 2015, p.4).

2.1.4.2 ¿Qué es el PMBOK®?

El *Project Management Body of Knowledge- PMBOK®-*, es la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos, desarrollado por el PMI. Este documento es una herramienta que orienta y da lineamientos para la gestión y dirección de proyectos en la industria, no es considerada una metodología. Este documento contiene las prácticas más usadas por los gerentes de proyecto a nivel mundial (PMI, 2017).

2.1.4.3 Grupos de procesos

De acuerdo con el PMBOK®, “Un Grupo de Procesos de la Dirección de Proyectos es un agrupamiento lógico de procesos de la dirección de proyectos para alcanzar objetivos específicos del proyecto. Los Grupos de Procesos son independientes de las fases del proyecto” (PMI, 2017, p. 23).

Los grupos de proceso de la dirección de proyectos son los siguientes: a) inicio; b) planeación; c) ejecución; d) monitoreo y control; y e) cierre (PMI, 2017).

2.1.4.4 Áreas de conocimiento

El PMBOK® define “Un Área de Conocimiento es un área identificada de la dirección de proyectos definida por sus requisitos de conocimientos y que se describe en términos de los procesos, prácticas, entradas, salidas, herramientas y técnicas que la componen” (PMI, 2017, p. 23).

Las áreas de conocimiento son las siguientes: a) integración; b) alcance; c) cronograma; d) costos; e) calidad; f) recursos; g) comunicaciones; h) riesgos; i) adquisiciones; y j) interesados (PMI, 2017).

2.1.4.5 Gestión de riesgos

La gestión de riesgos hace parte de las áreas de conocimiento del PMBOK® y se encarga de identificar y gestionar los riesgos que puedan impactar las líneas base de alcance, tiempo y costo del proyecto (PMI, 2019, p. 15).

Otros autores, destacan la importancia de esta práctica para el éxito de los proyectos, como lo indica Munier y Fernandez (2014, p. 50) “La gestión del riesgo en proyectos es una aplicación particular de la gestión general del proyecto en el sentido que una correcta implementación de una gestión del riesgo en el proyecto conlleva la finalización exitosa de éste”.

2.1.4.5.1 Planificar la gestión de riesgos

Este proceso hace parte de la planeación de los proyectos y define cómo deberá ser estructurada y desarrollada la gestión de riesgos de los proyectos (Mulcahy, 2013, p. 415). De acuerdo con PMI (2017), la principal salida de este proceso es el Plan de Gestión de Riesgos.

2.1.4.5.2 Identificar los riesgos

La identificación de riesgos consiste en enumerar los eventos que pueden afectar positiva o negativamente a los proyectos. Este proceso es iterativo y debe realizarse durante todos los procesos de la gestión de riesgos. Como salida principal de este proceso se tiene el registro de

riesgos, el cual contiene el listado de los riesgos identificados, las respuestas probables, sus causas y categorías (Lledó, 2013).

2.1.4.5.3 Realizar el análisis cualitativo de riesgos

El análisis cualitativo de riesgos, de acuerdo con PMI (2017) consiste en organizar los riesgos de acuerdo con su prioridad y categoría, para evaluar su nivel de impacto en el proyecto, con el fin de priorizar los riesgos más críticos.

Este proceso es subjetivo y realizado por el equipo de proyecto, Dávila (2012) concuerda con esta afirmación en la cual indica que la priorización de los riesgos es realizada por el investigador, a partir de la cual se genera la matriz de probabilidad e impacto.

2.1.4.5.4 Realizar el análisis cuantitativo de riesgos

“Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos es el proceso de analizar numéricamente el efecto combinado de los riesgos individuales del proyecto identificados y otras fuentes de incertidumbre sobre los objetivos generales del proyecto” (PMI, 2017, p. 428).

2.1.4.5.5 Planificar la respuesta a los riesgos

El plan de respuesta a los riesgos es el proceso que determina las acciones y estrategias que deben desarrollarse para abordar los riesgos del proyecto. Este proceso es continuo, durante todas las etapas del proyecto y se realiza hasta desarrollar una respuesta óptima para cada uno de los riesgos (PMI, 2019).

Las cinco estrategias para gestionar los riesgos que se consideran una amenaza para el proyecto son: a) escalar; b) evitar; c) transferir; d) mitigar; y e) aceptar. En el caso de las oportunidades se tienen los siguientes tipos de respuesta: a) escalar; b) explotar; c) compartir; d) mejorar; y e) aceptar (PMI, 2019).

Por otra parte, Rodríguez (2012, p. 37) considera que este proceso “tiene como fin plasmar toda la información que, después de ser recabada, se ha procedido a su estudio para determinar cómo se ha de proceder”.

2.1.4.5.6 Implementar la respuesta a los riesgos

El PMI (2017, p. 449) concibe este proceso como “implementar planes acordados de respuesta a los riesgos”. Este proceso asegura que las respuestas que se propusieron en el proceso anterior sean ejecutadas tal como se planearon, con el fin de minimizar amenazas y maximizar oportunidades.

2.1.4.5.7 Monitorear los riesgos

Este proceso permite al equipo del proyecto evaluar el estado de los riesgos identificados, para identificar los riesgos emergentes, secundarios y residuales, con el fin de determinar qué tan efectivo es el proceso de gestión de riesgos (PMI, 2019).

De acuerdo con Rodríguez (2012, p. 41), “Una práctica altamente recomendable, aunque no fácil de implantar según la experiencia profesional personal, es la distribución y gestión de los informes de riesgo dentro de la organización, para beneficiarse de experiencias acontecidas”.

2.2 Hipótesis

Bernal (2016, p. 184) por su parte define la hipótesis de la siguiente forma: “De las definiciones anteriores puede concluirse que una hipótesis es una suposición o solución anticipada al problema objeto de la investigación y, por lo tanto, la tarea del investigador debe orientarse en probar tal suposición o hipótesis”.

A partir de la pregunta planteada para esta investigación, la hipótesis propuesta es la siguiente: El análisis de riesgos en proyectos fase 3 de energías renovables – Paneles Solares en Colombia, a partir de la guía del Project Management Institute – PMI mejora el cumplimiento de la triple restricción (alcance, tiempo, costo) de los proyectos.

2.3 Sector Económico

2.3.1 Sector eléctrico colombiano

“El sector eléctrico colombiano está regulado por distintas entidades que se encargan de la generación, transmisión, comercialización y distribución de la energía eléctrica tal es el caso del Ministerio de Minas y Energía (MME), el cual es el órgano designado por el gobierno para dirigir la política nacional en cuanto a minería, hidrocarburos e infraestructura energética” (Cortés, Castrillón, Vanegas, Valencia, Villicaña, 2018, p. 41).

Se tiene también, la Unidad de Planeación Minero Energético (UPME) que se encarga de elaborar el Plan Energético Nacional y el Plan de Expansión del Sector Eléctrico teniendo en cuenta las proyecciones de la demanda, los requerimientos energéticos de la población y los agentes económicos del país; la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) cuya objetivo consiste en la regulación de los monopolios para la prestación de los servicios públicos y finalmente la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) quien desempeña funciones específicas de control y vigilancia (Cortés, Castrillón, Vanegas, Valencia, Villicaña, 2018).

Existen otras entidades, como el Centro Nacional de Despacho (CND) que se encarga de la planeación, supervisión y control de la operación integrada de los recursos de generación, interconexión y transmisión del sistema interconectado Nacional (SIN) y el Consejo Nacional de Operación (CON) que es el responsable de acordar los aspectos técnicos para garantizar que la operación integrada del SIN sea segura, confiable y económica (Cortés, Castrillón, Vanegas, Valencia, Villicaña, 2018).

La demanda de electricidad en Colombia ha venido creciendo desde el año 2001 con tasas que oscilan entre el 1,5% y el 4,1% anual, para una demanda total de electricidad de 60,89 TWh en el año 2013. La demanda mensual de electricidad presenta un patrón cíclico anual con un mínimo en el mes de febrero. De acuerdo con el plan de expansión de generación 2015- 2019, publicado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), se encontró que se requieren entre 4.208 y 6.675 megavatios de expansión para la próxima década. Con el fin de suplir la demanda nacional, se proyecta la ampliación de la matriz energética formulando escenarios que incorporan las fuentes renovables, no convencionales, como la producción eólica, ubicada principalmente en la Guajira (UPME, 2017). Es así como en Colombia se impulsa la incorporación de energías limpias, aprovechando los recursos naturales y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero.

Este esquema ya ha sido incorporado en países europeos, como en Noruega donde las energías renovables componen un 65,5% de la capacidad de generación de energía, según el último estudio de la organización REN21 (Cortés y Arango, 2017, p. 381).

En especial, “Colombia posee una capacidad instalada de aproximadamente 16.000 MW de los cuales el 69,77% se genera a partir de centrales hídricas, el 18,30% corresponde a centrales térmicas y el 11,94% a otras fuentes de energía renovable como la eólica” (Cortés y Londoño, 2017, p. 381).

“El Ministerio de Minas y Energía establece a través de la Ley 143 de 1994 el régimen de las actividades de generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad, en concordancia con las funciones constitucionales y legales que le corresponden” [Ley 143 de 1994, p.1].

Para el caso colombiano, se debe especificar como referencias normativas en cuanto al fomento de uso racional de la energía y las energías renovables la ley 697 de 2001 y la ley 1715 de 2014. Dicha norma no es específica a las energías renovables, pero las referencia como energías alternativas y las trabaja como Fuentes No Convencionales de Energía (Pereira, 2015).

2.3.1.1 Comercialización

“Corresponde a la actividad que consiste en la compra de energía eléctrica y su venta a los usuarios finales, regulados o no regulados que se sujetará a las disposiciones previstas en esta Ley y en la de servicios públicos domiciliarios en lo pertinente” [Ley 143 de 1994, p.4].

“La actividad de comercialización sólo puede ser desarrollada por aquellos agentes económicos que realicen algunas de las actividades de generación o distribución y por los agentes independientes que cumplan las disposiciones que expida la comisión de regulación de energía y gas” [Ley 143 de 1994, p.3].

2.3.1.2 Distribución

“Se entiende por redes de distribución como el conjunto de líneas y subestaciones, con sus equipos asociados, destinados al servicio de los usuarios de un municipio o municipios

adyacentes o asociados mediante cualquiera de las formas previstas en la constitución política”. [Ley 143 de 1994, p. 4].

2.3.1.3 Transmisión

“Las empresas que sean propietarias de líneas, subestaciones y equipos señalados como elementos de la red nacional de interconexión, mantendrán la propiedad de los mismos, pero deberán operarlos con sujeción al Reglamento de Operación y a los acuerdos adoptados por el Consejo Nacional de Operación” [Ley 143 de 1994, p.13].

El incumplimiento de las normas de operación de la red nacional de interconexión, la omisión en la obligación de proveer el mantenimiento de las líneas, subestaciones y equipos asociados y toda conducta que atente contra los principios que rigen las actividades relacionadas con el servicio de electricidad, dará lugar a las sanciones que establezca la autoridad competente [Ley 143 de 1994, p.13].

2.3.1.4 Generación

“Compete al Ministerio de Minas y Energía definir los planes de expansión de la generación y de la red de interconexión y fijar criterios para orientar el planeamiento de la transmisión y la distribución” [Ley 143 de 1994, p.7].

“Los planes de generación y de interconexión serán de referencia y buscarán optimizar el balance de los recursos energéticos para la satisfacción de la demanda nacional de electricidad, en concordancia con el Plan Nacional de Desarrollo y el Plan Energético Nacional”. [Ley 143 de 1994, p.7].

“Para los proyectos de generación de propósito múltiple de los cuales se deriven beneficios para otros sectores de la economía, el Gobierno Nacional establecerá mecanismos para que estos sectores contribuyan a la financiación del proyecto, en la medida de los beneficios obtenidos”. [Ley 143 de 1994, p.12].

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque y tipo de investigación

3.1.1 Enfoque

Ñaupas et al (2018, p. 140) indica que “El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas previamente, además confía en la medición de variables e instrumentos de investigación, con el uso de la estadística descriptiva e inferencial”.

En esta investigación se utilizará el enfoque cuantitativo para dar respuesta a la hipótesis formulada a partir de la aplicación de instrumentos para la medición de variables para determinar la ocurrencia de fenómenos (Ospina et al, 2020).

3.1.2 Tipo de estudio

De manera general, Hernandez y Mendoza (2018, p. 108), conceptualizan los estudios descriptivos y su valor, así: “Los estudios descriptivos pretenden especificar las propiedades, características y perfiles de personas, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”.

Para esta investigación, se definió que el alcance o tipo de estudio será de tipo descriptivo, donde a partir de la definición de variables y la recolección de información, se describirá o caracterizarán los fenómenos analizados (Hernandez y Mendoza, 2018).

3.1.3 Alcance de la investigación

El alcance de la investigación es identificar los riesgos en los proyectos de energías renovables - Paneles Solares- para mejorar la planeación y ejecución de futuros proyectos. Esta investigación no implementará el modelo una empresa específica.

3.2 Definición de las variables

García (2016, p. 37) concibe la definición de variable así: “La variable es una característica en la que se apoya el investigador para probar la hipótesis de una investigación”. Las variables pueden clasificarse en independientes o dependientes. En esta investigación se definieron las siguientes variables: riesgos y triple restricción (alcance, tiempo y costo), las cuales serán descritas a continuación.

3.2.1 Definición conceptual de Riesgo

De acuerdo con Gray y Larson (2009, p. 181), “el riesgo es un acontecimiento o condición incierta que, de presentarse, tiene un efecto positivo o negativo en los objetivos del proyecto”. Para categorizar los riesgos de los proyectos, el PMI recomienda organizar los riesgos por medio de una estructura de desglose, la cual se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

3.2.1.1 Triple restricción

La triple restricción se define como el alcance, tiempo o duración y costo de un proyecto (Lledó, 2013). A continuación, se incluye la definición de cada una de las áreas de conocimiento que hacen parte de la triple restricción:

- Alcance: “Trabajo realizado para entregar un producto, servicio o resultado con las funciones y características especificadas” (PMI, 2017, p. 699).
- Tiempo: “Plan para ejecutar las actividades del proyecto que incluye duraciones, dependencias y demás información de planificación, utilizada para generar un cronograma del proyecto junto con otros objetos de planificación” (PMI, 2017, p. 717).
- Costo: “Costo real incurrido por el trabajo llevado a cabo en una actividad durante un periodo de tiempo de tiempo específico” (PMI, 2017, p. 704).

Tabla 2.Extracto de una estructura de desglose de los riesgos (RBS).

NIVEL 0 de RBS	NIVEL 1 de RBS	NIVEL 2 de RBS
0. TODAS TODAS LAS FUENTES DE RIESGO DEL PROYECTO	1. RIESGO TÉCNICO	1.1 Definición del alcance
		1.2 Definición de los requisitos
		1.3 Estimaciones, supuestos y restricciones
		1.4 Procesos técnicos
		1.5 Tecnología
		1.6 Interfaces técnicas
		Etc.
	2. RIESGO DE GESTIÓN	2.1 Dirección de proyectos
		2.2 Dirección del programa/portafolio
		2.3 Gestión de las operaciones
		2.4 Organización
		2.5 Dotación de recursos
		2.6 Comunicación
		Etc.
	3. RIESGO COMERCIAL	3.1 Términos y condiciones contractuales
		3.2 Contratación interna
		3.3 Proveedores y vendedores
		3.4 Subcontratos
		3.5 Estabilidad de los clientes
		3.6 Asociaciones y empresas conjuntas
		Etc.
	4. RIESGO EXTERNO	4.1 Legislación
		4.2 Tasas de cambio
		4.3 Sitios/Instalaciones
4.4 Ambiental/clima		
4.5 Competencia		
4.6 Normativo		
Etc.		

Fuente: PMI, 2017, p. 406

3.2.2 Definición operacional

3.2.2.1 Riesgo

La medición de esta variable será: riesgos materializados en los proyectos.

3.2.2.2 Triple restricción

La medición de esta variable será:

- Alcance: número de modificaciones de alcance a causa de riesgos materializados.
- Tiempo: porcentaje de tiempo adicional requerido para finalizar el proyecto a causa de riesgos materializados.

- Costo: porcentaje costo adicional requerido para finalizar el proyecto a causa de riesgos materializados.

3.3 Definición de la población

De acuerdo con Lepkowski, “una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (2008, citado por Hernandez, 2018, p. 174). Es decir que para definir la población de esta investigación se deberán especificar las características de las empresas que serán incluidas, las cuales aportan a los riesgos que se presentan en proyectos fase 3 de energías renovables- Paneles Solares-, en Colombia.

3.3.1 Caracterización

A partir de la definición de población del numeral 3.3, se plantean la población para esta investigación así:

Empresas que han desarrollado o estén desarrollando proyectos en energías renovables- Paneles Solares en Colombia, con los siguientes roles en este tipo de proyectos: a) Promotores; b) Constructores; c) Desarrolladores de proyectos; d) Proveedores; y e) Interventores.

La población se define así, teniendo en cuenta que para llegar a ser un proyecto de fase 3, hay que pasar por las fases 1 y 2, por lo cual los riesgos que se presentan en las fases previas de los proyectos hacen parte de los riesgos identificados para la última fase de los proyectos.

3.3.2 Definición de la muestra

3.3.2.1 Tipo

La muestra seleccionada para esta investigación es de tipo no probabilística. Este tipo de muestreo se utiliza cuando no es posible realizar un muestreo probabilístico, por costos u otros problemas (García, 2016).

Para esta investigación se determinó este tipo de muestra, ya que no es posible acceder a un número específico de empresas, considerando la situación que vive el país a causa del Covid-

19 y que no se tiene acceso o contacto con el número de empresas requerido para un muestreo estadístico.

3.3.2.2 *Tamaño de la muestra*

La muestra fue seleccionada a partir de los criterios de accesibilidad y proximidad con los investigadores, pero teniendo especial cuidado en que las personas elegidas contaran con las características específicas planteadas previamente en el problema (Hernandez, 2018).

Para seleccionar el personal al cual se aplicó la herramienta, se escogió un grupo de expertos que contaran con suficientes conocimientos en la planificación, ejecución y puesta en marcha de proyectos fotovoltaicos, así mismo, para garantizar que fueran evaluados los riesgos en todas las etapas de estos proyectos y tener la perspectiva de todas las áreas de interés, se consultó con especialistas que pertenecen a los sectores: constructivo, interventoría, promotores, entre otros.

Inicialmente se estimó como muestra representativa para el estudio un total de 7 encuestados, pero finalmente y a partir de la gestión realizada por los investigadores se logró aplicar la herramienta de recolección de datos a un total de 16 personas del sector, quienes a partir de su experiencia permitieron dilucidar los riesgos principales a los que han estado expuestos, en los proyectos de los cuales han sido participes.

3.4 Métodos específicos- herramientas-, e instrumentos de recolección de información

3.4.1 Definición de métodos

No aplica por el tipo de investigación.

3.4.2 Instrumentos para la recolección de información

3.4.2.1 Definición

El instrumento seleccionado para la recolección de información de esta investigación es el cuestionario el cual se realizará vía internet, contará con preguntas cerradas para caracterizar la muestra y preguntas de escalas de medición de actitudes de escalamiento tipo Likert para la recolección información relacionada con las variables definidas en la hipótesis (Hernandez y Mendoza, 2018).

3.4.2.2 *Diseño de instrumentos*

Partiendo de la definición conceptual y operacional de las variables, se diseñó un cuestionario que abarca los principales tipos de riesgo en la ejecución de proyectos de generación de energía renovable con paneles solares, así como los posibles impactos en el alcance, tiempo y costo, teniendo en cuenta los siguientes requisitos:

- **Confiabilidad:** “se refiere al grado en que la aplicación del instrumento repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales” (Hernández y Mendoza, 2018, p. 200), el enfoque del instrumento está basado en la estructuración del marco teórico y teniendo en cuenta la definición de la muestra se puede evidenciar la confiabilidad en los resultados esperados.
- **Validez:** “se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir” (Hernández y Mendoza, 2018, p. 200), como elemento principal para a validez del cuestionario, se realizó la validación con expertos, de manera que se pudiera abarcar cada uno de los planteamientos determinados en la definición de las variables.
- **Objetividad:** “Se refiere al grado en que el instrumento es o no permeable a la influencia de los sesgos y tendencias de los investigadores” (Hernández y Mendoza, 2018, p. 206), para lograr la objetividad en la aplicación del instrumento de recolección de datos se plantean las mismas instrucciones para todos los encuestados, al tratarse de preguntas cerradas se limitan las opciones de respuesta y se encaminan hacia las situaciones de riesgos más comunes en el desarrollo de este tipo de proyectos.

3.4.2.3 *Validación de instrumentos*

La validación del cuestionario se realizó con dos personas. Una de las personas experta en la gerencia de proyectos, certificada PMP y PMI-RMP, la cual nos soporta en la aplicación de la guía y la información relacionada con riesgos de los proyectos. La segunda persona experta ha trabajado en el campo de las energías renovables durante varios años en la UPME, y actualmente se desempeña como asesor de energías renovables para una empresa constructora de parques solares en Colombia.

La validación consistió en el envío del formulario propuesto por correo electrónico, incluyendo las siguientes preguntas:

- ¿El cuestionario en la forma en que está descrito es claro y conciso?
- ¿Cree que la extensión del formulario es la adecuada?
- Teniendo en cuenta el alcance, tiempo y costos de los proyectos, ¿usted añadiría alguna pregunta adicional?
- ¿Qué comentarios adicionales tiene sobre la herramienta?

3.4.3 Técnicas para el análisis de los datos

Para realizar el análisis de los datos obtenidos a partir de la aplicación de la herramienta para la recolección de los datos, se determinó utilizar la técnica de medidas de tendencia central.

De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018, p. 286), las medidas de tendencia central son puntos en una distribución obtenida, los valores medios o centrales de ésta, y nos ayudan a ubicarla dentro de la escala de medición de la variable analizada. Las principales medidas de tendencia central son tres: moda, mediana y media.

A continuación, se describe el significado de las tres medidas enunciadas anteriormente:

- Moda: “Categoría o puntuación que ocurre con mayor frecuencia” (Hernández y Mendoza, 2018, p. 286).
- Mediana: “Valor que divide la distribución por la mitad. Esto es, la mitad de los casos caen por debajo de la mediana y la otra mitad se ubica por encima de ésta. La mediana refleja la posición intermedia de la distribución.” (Hempel, 2006, citado por Hernández, 2018, p. 286).

- Media: “Promedio aritmético de una distribución. Se simboliza como \bar{X} , y es la suma de todos los valores dividida entre el número de casos.” (Hernández y Mendoza, 2018, p. 287).

3.4.3.1 *Recolección de datos*

En la Figura 5 se presenta el número de cuestionarios recolectados para esta investigación.

Figura 5. Número de cuestionarios respondidos

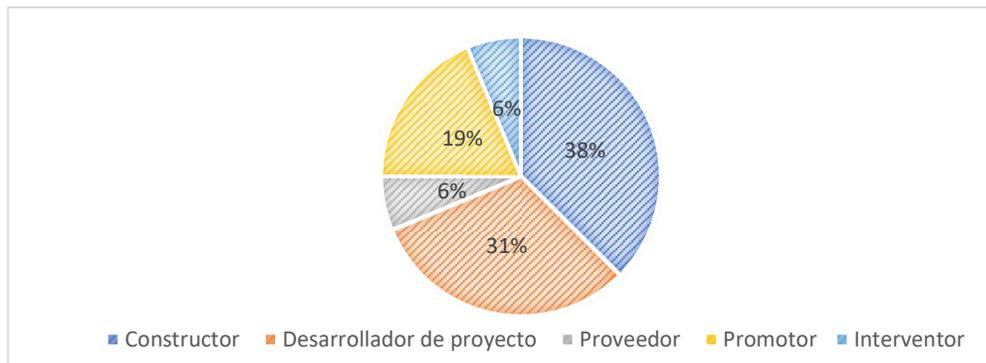


Fuente: Elaboración propia

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El instrumento se aplicó a 16 empresas con los roles que se muestran en la Figura 6. Se observa que el 69% de la población corresponde a empresas que ejecutan los proyectos, el 25% para empresas que gestionan y vigilan el desarrollo de los proyectos, y el porcentaje restante para empresas proveedoras de equipos.

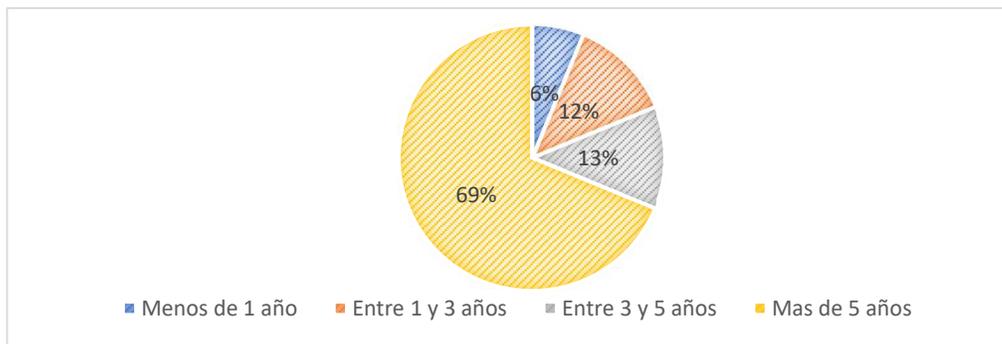
Figura 6. Pregunta 1: ¿Cuál ha sido su rol en los proyectos de paneles solares?



Fuente: Elaboración propia

A continuación, en las Figura 7, Figura 8 y Figura 9 se muestran los resultados de las preguntas 2, 3 y 4 del instrumento aplicado.

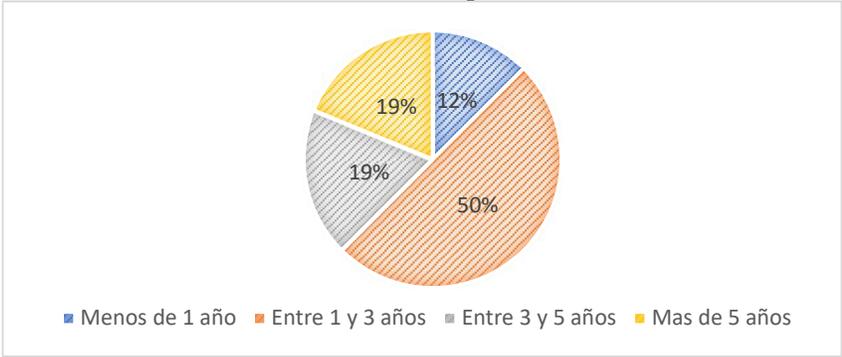
Figura 7. Pregunta 2: ¿Cuál ha sido su experiencia en años en Gerencia de Proyectos en Colombia?



Fuente: Elaboración propia

De las empresas entrevistadas, se tiene que solo el 31% de ellas tiene menos de 5 años de experiencia en la gestión de proyectos en Colombia.

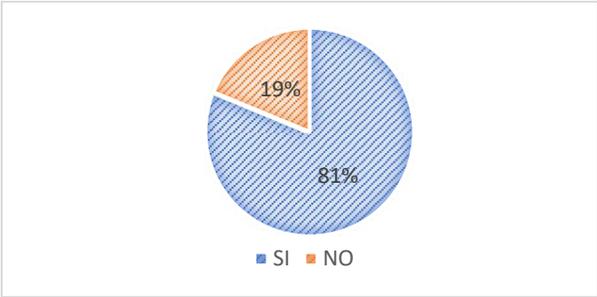
Figura 8. Pregunta 3: ¿Cuál ha sido su experiencia en años en Gerencia de Proyectos de Energías Fotovoltaicas con paneles solares?



Fuente: Elaboración propia

De la Figura 8, se evidencia que la gestión de proyectos en energía fotovoltaicas con paneles solares se encuentra en una etapa temprana en la gestión de los proyectos enfocados a energías renovables, ya que el 81% de las empresas encuestadas tienen menos de 5 años de experiencia en la gerencia de este tipo de proyectos.

Figura 9. Pregunta 4: ¿Su empresa, tiene conocimientos en gestión de proyectos como el PMI?



Fuente: Elaboración propia

A partir de la respuesta a la pregunta 4, se encuentra que la mayoría de las empresas encuestadas tienen conocimientos en gestión de proyectos como la guía del Project Management Institute- PMI. Se evidencia que las empresas que no tienen conocimiento tienen el rol de desarrolladoras de proyecto.

De las empresas encuestadas a todas se les han materializado riesgos en la ejecución de proyectos de energías renovables- paneles solares, sin embargo, solo el 88% de las empresas ha propuesto planes de respuesta a los riesgos, y de estas solo el 92% han creado planes de contingencia y planes de reserva para gestionar los riesgos.

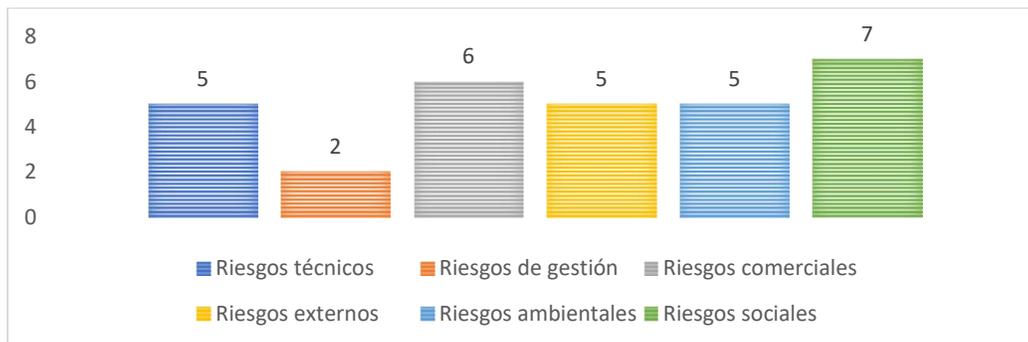
Figura 10. Pregunta 7: ¿Puede indicarnos que áreas de gestión ha sufrido el mayor con impacto con la materialización de los riesgos en sus proyectos?



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 10, se observa que, de acuerdo con la respuesta de los formularios, la frecuencia de impactos a causa de riesgos en tiempo es el doble que para las áreas de alcance y costo.

Figura 11. Pregunta 8: ¿Puede indicarnos de los tipos de riesgos que se muestran a continuación, cuales han sido los más comunes en el desarrollo de proyectos de generación fotovoltaica con energías renovables?



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 11, se observan las categorías de riesgos más frecuentes en las empresas encuestadas, para lo cual se obtuvo 30 respuestas, ya que en este caso las empresas tenían la opción de seleccionar dos categorías. De esta gráfica se observa que los riesgos que más se presentan en estos proyectos a partir de las empresas encuestadas son los riesgos en temas sociales y riesgos comerciales, las cuales corresponden al 43% de las respuestas obtenidas. En segundo lugar, se encuentran las categorías de riesgos técnicos, externos y en temas ambientales, las cuales corresponden al 50% de las respuestas obtenidas. Por último, se observa que los riesgos con menor frecuencia o que menos se presenta en la ejecución de proyectos de este tipo son los riesgos en gestión.

A continuación, se presentan los resultados de las preguntas tipo Likert realizadas en el instrumento. El análisis de este tipo de preguntas se realizará de forma gráfica por cada una de las agrupaciones realizadas en el instrumento. En cada figura se muestra el número de la afirmación y los resultados transformados en porcentajes a partir de las respuestas obtenidas. Las afirmaciones y los hallazgos se mostrarán en tablas.

En la Tabla 3 se describen los hallazgos sobre los riesgos técnicos que tienen las empresas en sus proyectos, teniendo en cuenta las afirmaciones y la escala de valoración Likert.

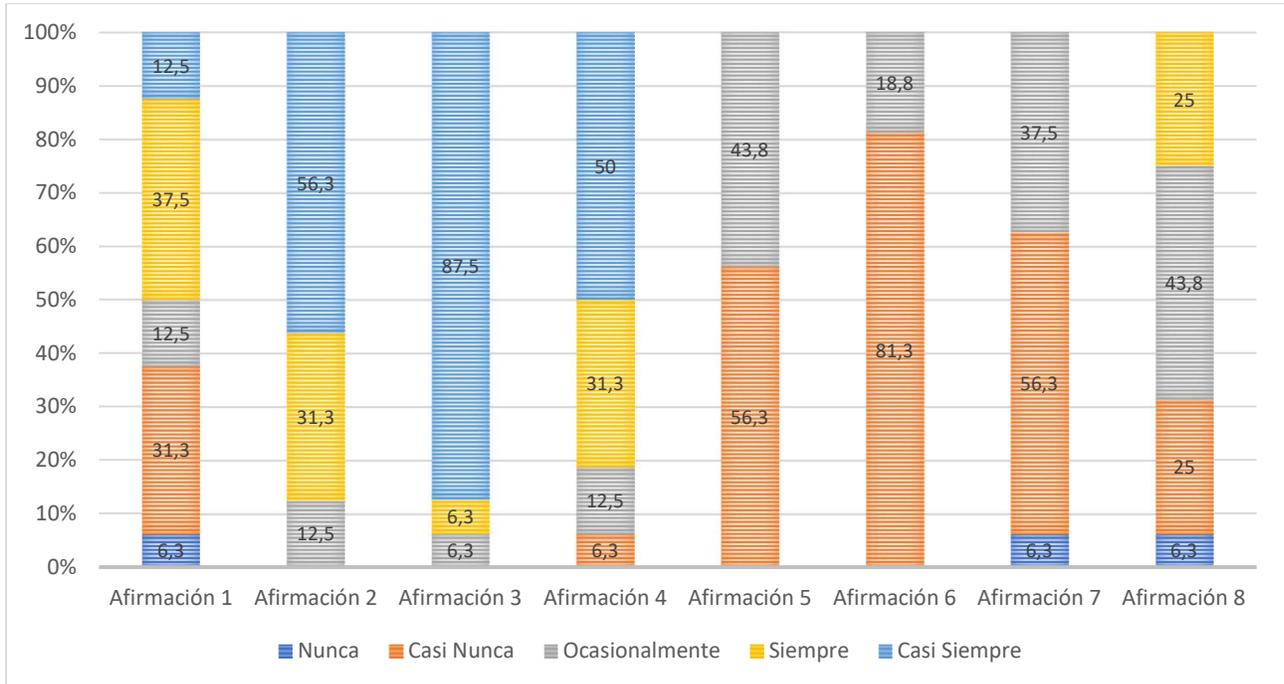
Tabla 3. Hallazgos en riesgos técnicos

#	Afirmación	Hallazgos
1	Los diseños de los proyectos son modificados por cambios del lugar de instalación.	El 62.5% de las empresas han materializado este riesgo por cambios en el lugar de instalación. Para el porcentaje restante este riesgo tiene una probabilidad muy baja de ocurrencia.
2	Los materiales que se compran en los proyectos son cubiertos con seguros.	El 100% de las empresas transfieren los posibles riesgos de los materiales a través de seguros, de este porcentaje, el 87.6% lo hace en todos los proyectos que realiza.
3	Los equipos o materiales que requiere para el desarrollo de proyectos cuentan con certificaciones.	El 100% de las empresas mitigan los riesgos técnicos a partir de la certificación de equipos y materiales, de este porcentaje el 93.7% lo hace en todos los proyectos que realiza.
4	Los equipos o materiales que requiere para el desarrollo de proyectos de energía renovable se les realiza pruebas en fábrica para asegurando la calidad del producto.	El 93.7% de las empresas mitigan los riesgos técnicos con la realización de pruebas en fábrica a los equipos y materiales que se requieren en los proyectos.
5	Se presentan problemas por calidad en los productos o materiales que se compran para los proyectos.	Para el 56.3% de las empresas la calidad de los productos que utiliza no se considera como riesgo. Las empresas que no contemplan este riesgo son de tipo Desarrollador de proyecto
6	Se presenta accidentes de trabajo en el desarrollo de los proyectos.	Para el 18.8% de las empresas los accidentes de trabajo no se contemplan como riesgo de los proyectos. Las empresas que no contemplan este riesgo son de tipo Desarrollador de proyecto.
7	Se presentan problemas en los estudios de viabilidad del recurso solar.	El 62.6% de las empresas no consideran este riesgo dentro de sus riesgos técnicos.
8	Se presentan problemas en los estudios de viabilidad de conexión a la red.	El 31.3% de las empresas no consideran este riesgo dentro de los riesgos técnicos. El 68.7% de empresas si consideran este riesgo técnico, y de este porcentaje solo

#	Afirmación	Hallazgos
		el 36.4% siempre consideran este riesgo en sus proyectos.

Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Pregunta 11: Afirmaciones sobre riesgos técnicos



Fuente: Elaboración propia

A partir de la información de la Figura 12 y la Tabla 3, se encontró que las empresas entrevistadas tienen como plan de respuesta a los riesgos técnicos el uso de seguros, certificados de producto y pruebas de equipos. Adicionalmente, se encontró que los riesgos de accidentes, problemas de calidad en productos y problemas en estudios de viabilidad, aunque posibles, tienen una probabilidad baja de materialización en este tipo de proyectos.

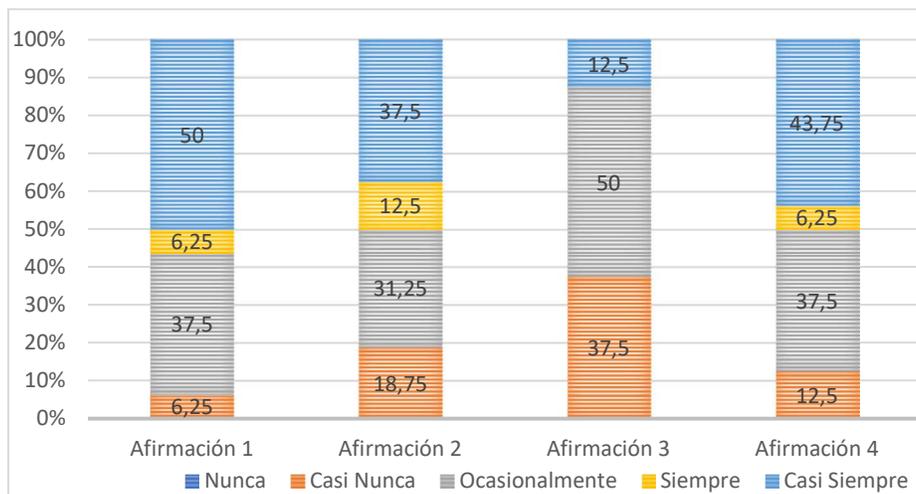
En la Tabla 4 se describen los hallazgos sobre los riesgos de gestión que tienen las empresas en sus proyectos, teniendo en cuenta las afirmaciones y la escala de valoración Likert.

Tabla 4. Hallazgos en riesgos de gestión

#	Afirmación	Hallazgos
1	Los proyectos se ven atrasados a causa de la materialización de riesgos.	El 93.8% de las empresas consideran que una de las consecuencias de la materialización de los riesgos es el atraso de los proyectos.
2	Los proyectos tienen sobrecostos a causa de la materialización de riesgos.	El 81.3% de las empresas consideran que una de las consecuencias de la materialización de los riesgos es el sobrecosto de los proyectos.
3	Los proyectos se ven afectados por la falta de capacitación en el uso de mano de obra para el desarrollo de estos proyectos.	El 62.5% de las empresas consideran que un riesgo de gestión es la poca experiencia de la mano de obra.
4	Localmente no es fácil conseguir personal capacitado en el uso de estas tecnológicas requeridas para la ejecución de los proyectos.	El 87.5% de las empresas considera que la dificultad en la consecución de mano de obra es un riesgo de gestión.

Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Pregunta 12: Afirmaciones sobre riesgos de gestión



Fuente: Elaboración propia

A partir de la información de la Tabla 4 y Figura 13, se encontró que las empresas entrevistadas consideran que el impacto en las áreas de tiempo y costo, son atrasos en cronograma y sobrecostos del proyecto. Con relación a la mano de obra requerida para este tipo de proyectos, se tiene como riesgo la poca experiencia y la dificultad de conseguir personal.

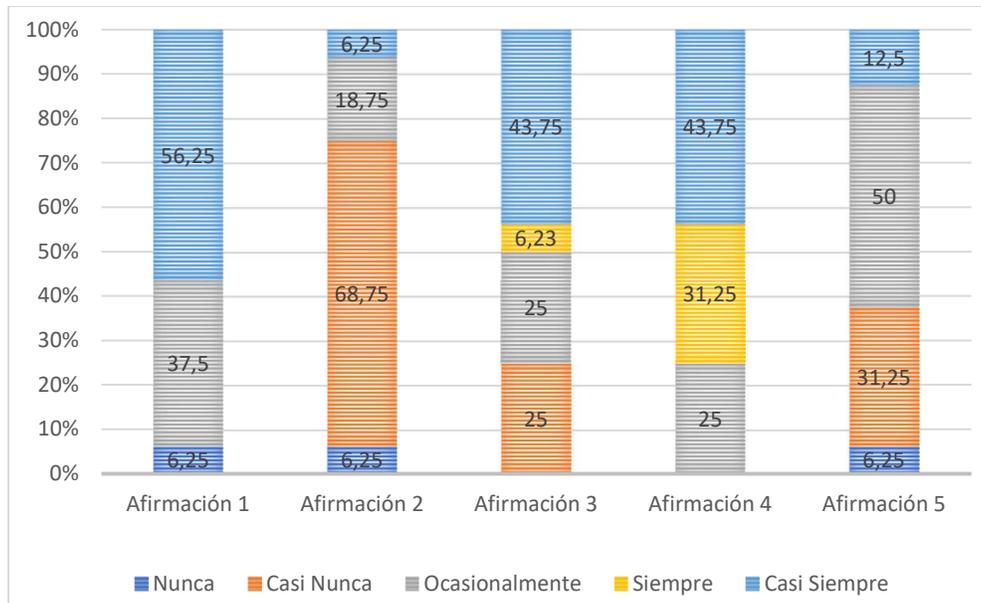
En la Tabla 5 se describen los hallazgos sobre los riesgos comerciales que tienen las empresas en sus proyectos, teniendo en cuenta las afirmaciones y la escala de valoración Likert.

Tabla 5. Hallazgos en riesgos comerciales

#	Afirmación	Hallazgos
1	Los equipos que requiere para la ejecución de sus proyectos son de fáciles de conseguir.	El 93.8% de las empresas consideran que la consecución de equipos no es un riesgo para los proyectos. El porcentaje restante, que corresponde a una empresa proveedora de equipos si considera este riesgo en su gestión.
2	Los diseños de sus proyectos son modificados por la no disponibilidad de suministros.	El 75% de las empresas consideran que la disponibilidad de los equipos no son un riesgo para los diseños.
3	Los proveedores con los que cuenta cumplen con el cronograma establecido en los contratos de suministros.	El 75% de las empresas consideran que los proveedores cumplen con plazos pactados de entrega de los suministros
4	La TRM afecta el costo de los suministros que requieren los proyectos.	El 100% de las empresas consideran la TRM como un riesgo de los proyectos.
5	Se presentan reclamaciones de sus contratistas en el desarrollo de proyectos.	El 62.5% de las empresas consideran como riesgo posibles reclamaciones de sus contratistas. De este porcentaje, el 83% de las empresas de construcción consideran este riesgo en sus proyectos.

Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Pregunta 13: Afirmaciones sobre riesgos comerciales



Fuente: Elaboración propia

A partir de la información de la Tabla 5. Hallazgos en riesgos comerciales Tabla 5 y Figura 14, se encontró que las empresas entrevistadas consideran poco probable el riesgo de disponibilidad de equipos e incumplimiento de entrega de los suministros. Por consenso, todas las empresas consideran la TRM como un riesgo de los proyectos.

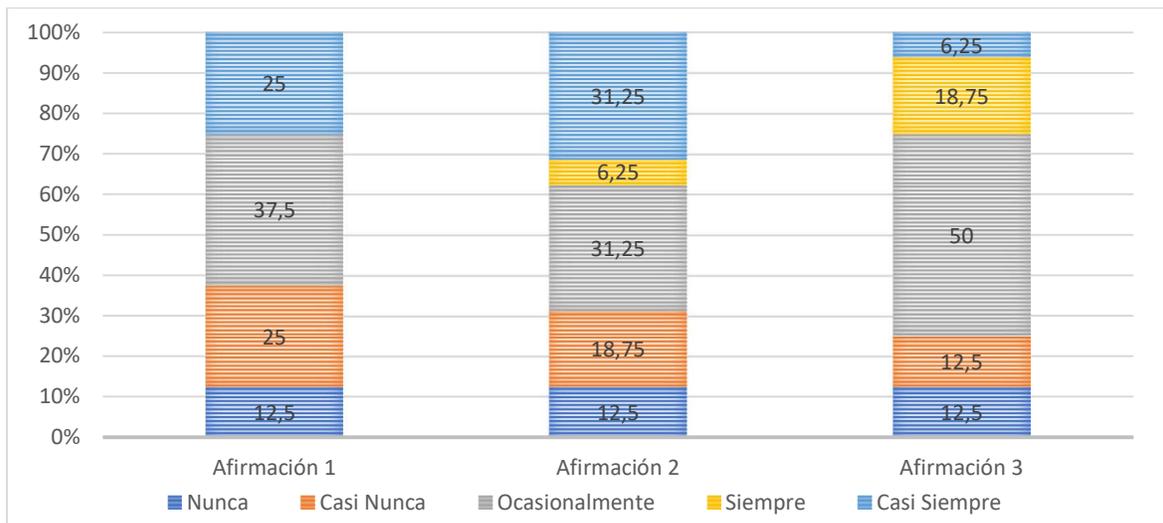
En la Tabla 6 se describen los hallazgos sobre los riesgos ambientales que tienen las empresas en sus proyectos, teniendo en cuenta las afirmaciones y la escala de valoración Likert.

Tabla 6. Hallazgos en riesgos ambientales

#	Afirmación	Hallazgos
1	Los diseños de sus proyectos se han modificado por requerimiento de los trámites ambientales.	El 62.5% de las empresas consideran que requerimientos por trámites ambientales son un riesgo para los proyectos que impactan los diseños. Del porcentaje restante, el 80% de las empresas desarrolladoras de proyectos no consideran este riesgo en sus proyectos.
2	Los trámites ambientales se atrasan impactando el cronograma previsto para el desarrollo de los proyectos.	El 68.8% de las empresas consideran que los trámites ambientales son un riesgo que impactan el cronograma de los proyectos.
3	Se tienen sobrecostos en los proyectos por requerimientos de las autoridades ambientales.	El 75% de las empresas consideran que los requerimientos ambientales son un riesgo que impactan el costo de los proyectos.

Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Pregunta 15: Afirmaciones sobre riesgos ambientales



Fuente: Elaboración propia

A partir de la información de la Tabla 5. Hallazgos en riesgos comerciales Tabla 6 y Figura 15, se encontró que las empresas consideran los requerimientos ambientales como un riesgo que impactan el costo y el cronograma de los proyectos.

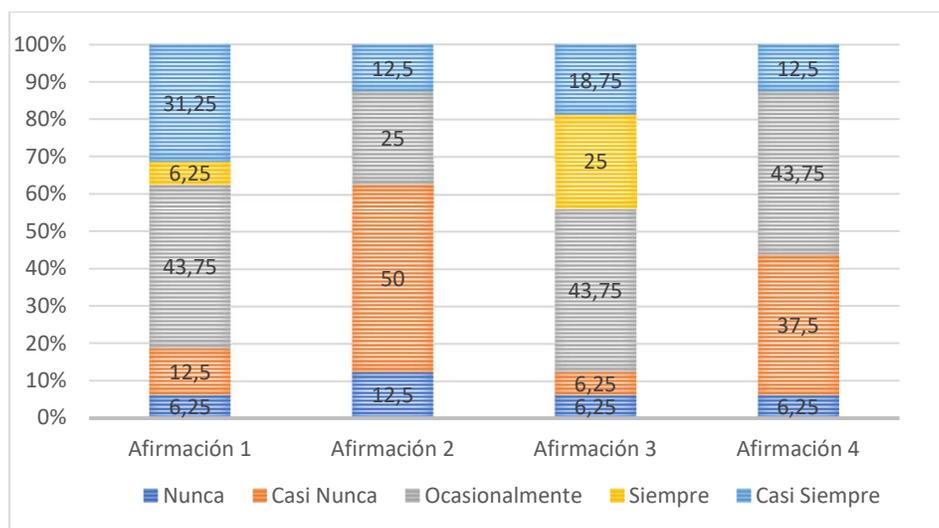
En la Tabla 7 se describen los hallazgos sobre los riesgos sociales que tienen las empresas en sus proyectos, teniendo en cuenta las afirmaciones y la escala de valoración Likert.

Tabla 7. Hallazgos en riesgos sociales

#	Afirmación	Hallazgos
1	Se tienen sobrecostos en los proyectos por solicitudes adicionales de las comunidades.	El 81.3% de las empresas consideran como riesgo las solicitudes adicionales de las comunidades que impactan los costos del proyecto.
2	Los diseños de sus proyectos se han modificado por problemas con la comunidad del área de influencia del proyecto.	El 62.5% de las empresas consideran que el riesgo de problemas con la comunidad no impacta los diseños de los proyectos.
3	Los problemas sociales impactan el cronograma previsto para el desarrollo de los proyectos.	El 87.5 de las empresas consideran que el riesgo social impacta el cronograma de los proyectos.
4	Se presentan problemas de seguridad (robos) en los proyectos.	El 56.3% de las empresas consideran como riesgo los problemas de seguridad de los proyectos.

Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Pregunta 16: Afirmaciones sobre riesgos sociales



Fuente: Elaboración propia

A partir de la información de la Tabla 7Tabla 5. Hallazgos en riesgos comerciales y Figura 16, se encontró que las empresas consideran que solicitudes de las comunidades y problemas sociales son riesgos de tipo social que impactan el cronograma y el costo de los proyectos.

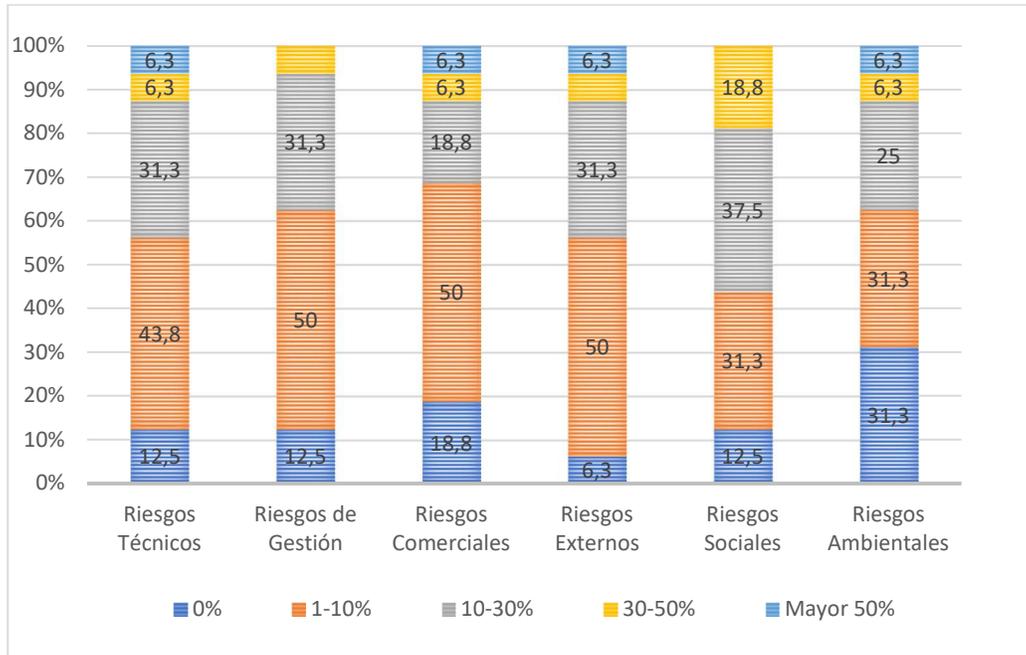
En la Tabla 8 se describen los hallazgos sobre los tiempos adicionales que son invertidos en los proyectos a causa de la materialización de riesgos que tienen las empresas, teniendo en cuenta cada uno de los riesgos y la escala de valoración Likert.

Tabla 8. Hallazgos en tiempos adicionales de los proyectos según los riesgos

#	Afirmación	Hallazgos
Riesgos Técnicos	Porcentaje adicional requerido para finalizar el proyecto teniendo en cuenta el riesgo técnico.	El 75% de las empresas consideran tener que invertir entre 1-30% de tiempo adicional para finalizar los proyectos a partir de los riesgos técnicos presentados, el 66% de las empresas que no cuentan con conocimientos en PMI manifiestan tener estos riesgos.
Riesgos de gestión	Porcentaje adicional requerido para finalizar el proyecto teniendo en cuenta el riesgo de gestión.	El 81.3% de las empresas consideran tener que invertir entre 1-30% de tiempo para finalizar los proyectos a partir de los riesgos de gestión presentados
Riesgos comerciales	Porcentaje adicional requerido para finalizar el proyecto teniendo en cuenta el riesgo comercial.	El 68.8% de las empresas consideran tener que invertir entre el 1-30% de tiempo para finalizar los proyectos a partir de los riesgos comerciales.
Riesgos externos	Porcentaje adicional requerido para finalizar el proyecto teniendo en cuenta el riesgo externo.	El 81.3% de las empresas consideran tener que invertir entre el 1-30% de tiempo para finalizar los proyectos a partir de los riesgos sociales.
Riesgos sociales	Porcentaje adicional requerido para finalizar el proyecto teniendo en cuenta el riesgo social	El 68.8% de las empresas consideran tener que invertir entre el 1-30% de tiempo para finalizar los proyectos a partir de los riesgos sociales.
Riesgos ambientales	Porcentaje adicional requerido para finalizar el proyecto teniendo en cuenta el riesgo ambiental	El 56.3% de las empresas consideran tener que invertir entre el 1-30% de tiempo para finalizar los proyectos a partir de los riesgos ambientales.

Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Pregunta 17: Tiempo adicional para la finalización de los proyectos según los riesgos



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 17 y la Tabla 8 se muestra el impacto de diferentes tipos de riesgo en el área de conocimiento tiempo. Para los riesgos de tipo técnico, de gestión, comercial, externo y ambientales el impacto en el cronograma del proyecto más frecuente son atrasos entre el 1% y 10% del tiempo de los proyectos. El riesgo de tipo social tiene el impacto el potencial posible de afectar el cronograma, en atraso entre el 10% y el 30% del tiempo de los proyectos. Otro de los puntos a considerar es que los riesgos ambientales y riesgos comerciales son los mejores gestionados sin impacto de tiempo al proyecto.

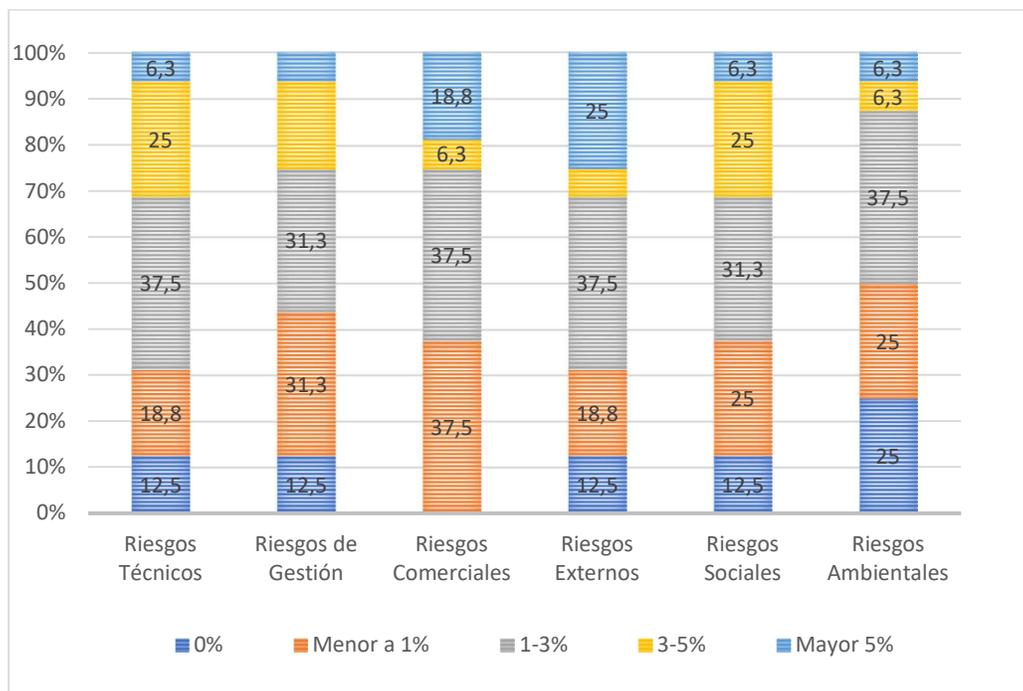
En la Tabla 9 se describen los hallazgos sobre los costos adicionales que son invertidos en los proyectos a causa de la materialización de riesgos que tienen las empresas, teniendo en cuenta cada uno de los riesgos y la escala de valoración Likert.

Tabla 9. Hallazgos en costos adicionales de los proyectos según el tipo de riesgos.

#	Afirmación	Hallazgos
Riesgos Técnicos	Porcentaje adicional requerido para finalizar el proyecto teniendo en cuenta el riesgo técnico.	El 56.3% de las empresas consideran tener que invertir entre 1-3% y un 25% entre el 3-5% de costos para finalizar los proyectos a partir de los riesgos técnicos presentados
Riesgos de gestión	Porcentaje adicional requerido para finalizar el proyecto teniendo en cuenta el riesgo de gestión.	El 62.5% de las empresas consideran tener que invertir entre 1-3% y un 18.8% entre el 3-5% de costos para finalizar los proyectos a partir de los riesgos de gestión presentados
Riesgos comerciales	Porcentaje adicional requerido para finalizar el proyecto teniendo en cuenta el riesgo comercial.	El 75% de las empresas consideran tener que invertir entre 1-3% de costos para finalizar los proyectos a partir de los riesgos comerciales presentados
Riesgos externos	Porcentaje adicional requerido para finalizar el proyecto teniendo en cuenta el riesgo externo.	El 56.3% de las empresas consideran tener que invertir entre 1-3% de costos para finalizar los proyectos a partir de los riesgos externos presentados
Riesgos sociales	Porcentaje adicional requerido para finalizar el proyecto teniendo en cuenta el riesgo social	El 81.3% de las empresas consideran tener que invertir entre 1-5% de costos para finalizar los proyectos a partir de los riesgos sociales presentados
Riesgos ambientales	Porcentaje adicional requerido para finalizar el proyecto teniendo en cuenta el riesgo ambiental	El 62.5% de las empresas consideran tener que invertir entre 1-5% de costos para finalizar los proyectos a partir de los riesgos ambientales presentados

Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Pregunta 18: Costo adicional para la finalización de los proyectos según los riesgos



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 18 se muestra el impacto de diferentes tipos de riesgo en el área de conocimiento costos. Para los riesgos de tipo técnico, de gestión, externo, social y ambientales el impacto más frecuente está entre el 1% y 3% de los costos de los proyectos. Para los riesgos de tipo comercial el impacto está dividido entre menor a 1% y entre 1% y 3%.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El objetivo de esta investigación era realizar el análisis de riesgos en proyectos fase 3 de energías renovables- Paneles Solares-, en Colombia, a partir de la guía del Project Management Institute – PMI-, para mejorar la planeación y ejecución de este tipo de proyectos. La importancia de este análisis radica en que los riesgos pueden tener un impacto o positivo o negativo, y cuando no son gestionados adecuadamente se pueden presentar problemas tales como retrasos, sobrecostos, déficit en el desempeño o pérdida de reputación (PMI, 2017).

El aporte de esta investigación consiste en validar los tipos de riesgos presentes en este tipo de proyectos y establecer cuáles son los efectos de la materialización de los riesgos, de esta forma proponer posibles planes de trabajo para dar respuesta a los riesgos y disminuir el impacto en las tres áreas de conocimiento contempladas como variables.

A partir de la hipótesis definida en esta investigación y con los datos analizados previamente se confirma que: El análisis de riesgos en proyectos fase 3 de energías renovables – Paneles Solares en Colombia, a partir de la guía del Project Management Institute – PMI mejora el cumplimiento de la triple restricción (alcance, tiempo, costo) de los proyectos, ya que las empresas que ejecutan este tipo de proyectos tienen conocimiento en gestión de proyectos, implementan planes de respuesta de acuerdo con las categorías de riesgo que plantea el PMI, y los impactos en alcance tiempo y costo son menores a los que inicialmente se creía cuando se planteó esta hipótesis.

Con los resultados obtenidos, se confirma que los proyectos fase 3 de energías renovables – Paneles Solares en Colombia están sujetos a riesgos de tipo técnico, de gestión, comercial y externos de acuerdo con las categorías propuestas por el PMI (2017, p. 406), y a partir de la experiencia en la ejecución de proyectos en Colombia, se presentan dos categorías adicionales para los riesgos, que son los de tipo social y ambiental. Nuestro análisis difiere de lo que Guerrero et al (2016) argumentó donde las tres principales categorías de riesgos para este tipo de proyectos eran: (a) riesgo del precio; (b) riesgo técnico; y (c) riesgo financiero.

Según la identificación de riesgos que realizó Martínez (2020) para un proyecto específico de este mismo tipo en Villavicencio, se encuentra que de los 12 riesgos planteados por este autor, 10 riesgos coinciden con la identificación de riesgos realizada en esta investigación. Los riesgos que no contempló esta investigación fueron: riesgo tributario y logística.

Según Jaramillo, J., & Solano, J. (2019), los riesgos que ellos proponen y se validan con esta investigación son: los riesgos con la comunidad, las fallas en la gestión social, la insuficiencia de encontrar personal para llevar a cabo principales del proyecto y la indisponibilidad de la obra calificada, ya que impactan actividades críticas en este tipo de proyectos.

Con relación a los los efectos que tienen los riesgos sobre los proyectos fase 3 de energías renovables- Paneles Solares- en Colombia, se encontró que los riesgos anteriormente mencionados, impactan la triple restricción de alcance, tiempo y costo, validando la hipótesis propuesta. El impacto en tiempo se presenta con mayor frecuencia que en los casos de alcance y costo, y la frecuencia de impacto en alcance y costo es la misma.

Las generalidades del análisis cualitativo de los riesgos identificados en esta investigación son:

- En el caso de los riesgos técnicos, el riesgo de mayor probabilidad de ocurrencia a partir de las afirmaciones propuestas en la investigación es el riesgo por problemas de estudios de viabilidad en la red.
- Para los riesgos de gestión, el riesgo con mayor probabilidad de ocurrencia es la dificultad de conseguir personal con experiencia en este tipo de proyectos.
- Para los riesgos comerciales, uno de los riesgos que se presenta en este tipo de proyectos sin importar el tipo de empresa es el de la tasa de cambio. Este fue el único riesgo en que todas las empresas respondieron que si se materializa en este tipo de proyectos.
- En el caso de los riesgos externos, sin incluir temas sociales ni ambientales, el riesgo con mayor probabilidad de ocurrencia es el de fenómenos naturales.
- Como riesgos ambientales se tienen los requerimientos que puedan exigir estas autoridades, impactando considerablemente el alcance, tiempo y costo de los proyectos.
- En el caso de los riesgos sociales, se consideran como riesgo las solicitudes y problemas con las comunidades, los cuales impactan los costos y el cronograma y en menor proporción el alcance de los proyectos.

Con relación al análisis cuantitativo de los riesgos de acuerdo con la guía PMI, que se planteó inicialmente en los objetivos específicos de esta investigación, no se desarrolló en la

investigación porque la información que se requiere para este tipo de análisis es específica para un proyecto determinado. El alcance de esta investigación se realizó a nivel del sector, razón por la cual no se cuenta con la información detallada de los riesgos específicos de un proyecto, ni las líneas base de tiempo y costo requeridas. Tal como lo indica PMI (2017, p. 429):

“Realizar el análisis cuantitativo de riesgos no es necesario para todos los proyectos. La realización de un análisis profundo depende de la disponibilidad de los datos de alta calidad sobre los riesgos individuales del proyecto y otras fuentes de incertidumbre, así como de una sólida línea base del proyecto subyacente para el alcance, el cronograma y el costo”.

A partir del análisis de la información recolectada se puede concluir lo siguiente:

- Dependiendo del rol de las empresas en los proyectos, los tipos de riesgos y los efectos de estos son diferentes, es decir que el análisis cualitativo de los riesgos, probabilidad e impacto, difieren de acuerdo con el tipo de empresas entrevistadas.
- Los riesgos de tipo social, técnico y gestión son los que tienen un potencial grande en incurrir en costos del proyecto

5.1 Hoja de ruta para la gestión de riesgos

Como planteamiento en la importancia de la gestión de riesgos en los proyectos fase 3 de energías renovables – Paneles Solares en Colombia se propone una hoja de ruta con el fin de gestionar de una manera verificable y proactiva la gestión de riesgos, a partir de los procesos que define el PMI, la cual debería tomarse como referencia para la gestión de este tipo de proyectos.

Uno de los aspectos necesarios con el fin de gestionar los riesgos en los proyectos tanto a nivel presente, pasado y futuro debe contemplar a) la socialización interna en las empresas mediante lecciones aprendidas con el fin de facilitar a los directores de proyectos la realización de proyectos similares; y b) contar con un análisis de supuestos y restricciones que permita a los proyectos identificar posibles fuentes potenciales de riesgos en los proyectos. En la

Tabla 10, se proponen una hoja de ruta de algunos planes de respuestas a partir de los riesgos que se identificaron en esta investigación.

Tabla 10. Propuesta Hoja de Ruta

Tipo de Riesgo	Riesgo	Estrategia	Acciones Preventivas	Plan de contingencia	Momento/Periodicidad de Seguimiento
Riesgo Técnico	Probabilidad de materialización del riesgo por problemas en los estudios de viabilidad en la red.	Reducir el impacto	a) Definición a detalle previo al inicio del proyecto, de las condiciones, parámetros, especificaciones y normas técnicas aplicables del proyecto y b) la definición en los contratos de definiciones que contemplen esta situación.	Reunión entre los interesados para definir el cambio en el diseño, verificando cláusulas o condiciones.	Al inicio del proyecto y en las principales reuniones de seguimiento.
Riesgo de Gestión	Dificultan en conseguir personal con experiencia en este tipo de proyectos.	Reducir Probabilidad	a) Realizar socialización de la tecnología usada en el proyecto con el fin de dar más información al área de recursos humanos en pro de que los procesos de selección de personal cuenten con información técnica solicitada a los aspirantes del proyecto b) hacer reuniones claves con los integrantes de los proyectos con el fin de evitar la rotación de personal o retiro de personal c) contar con una base de datos de personal backup en los proyectos.	Reunión entre el grupo de trabajo del proyecto con el fin de definir propuestas de mejora.	En cada una de las fases genéricas del ciclo de vida del Proyecto: Inicio del proyecto, Organización y Preparación, Ejecución y Finalización del Proyecto.
Riesgo comercial	Volatilidad en la tasa de cambio en los proyectos.	Reducir Impacto	a) Definir cláusulas contractuales que permitan asumir una variación de la tasa de cambio del dólar.	Reunión entre los interesados del proyecto para definir la posible variación de porcentaje en la tasa de cambio.	Al inicio del proyecto, Organización y Preparación.

Tipo de Riesgo	Riesgo	Estrategia	Acciones Preventivas	Plan de contingencia	Momento/Periodicidad de Seguimiento
Riesgo externo	Probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales.	Reducir Impacto ante materialización del riesgo	a) Verificar que los equipos tienen el control de calidad ante fallas de tipo sísmológico en la zona b) Implementar pólizas o seguros a los proyectos que cubran los desastres naturales y probabilidad de ocurrencia en la zona del proyecto.	Reunión entre los interesados del proyecto para definir las cláusulas al contrato por ocurrencia de fenómenos naturales.	Al inicio del proyecto, Organización y Preparación.
Riesgos sociales	Problemas y solicitudes con la comunidad en el área de influencia del proyecto.	Disminuir probabilidad	a) Gestionar reuniones en el área de influencia con el fin de llegar a consensos con las personas líderes del área b) Involucrar a las personas en el proyecto en las fases del proyecto aportando calidad de vida a sus familias c) Buscar la manera de certificar o capacitar al personal interesado técnicamente en el proyecto.	Reuniones en el área de influencia con los líderes explicando y socializando el pro de las actividades y desarrollo de la zona.	En cada una de las fases genéricas del ciclo de vida del Proyecto: Inicio del proyecto, Organización y Preparación, Ejecución y Finalización del Proyecto.

Fuente: Elaboración propia

6. REFERENCIAS

- Baca, G. (2013). Evaluación de Proyectos. Ciudad de México: Mac Graw Hill. Obtenido de <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=263>
- Barato, J. (2015). El director de proyectos a examen: guía de estudio en español para la capacitación del Director de Proyectos. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Bernal, C. (2016). Metodología de la investigación. Bogotá: Pearson.
- BP. (2020). Static Review of World Energy.
- Castillo, Y., Castrillón, M., Vanegas, M., Valencia, G., & Villicaña, E. (2015). Rol de las Fuentes No Convencionales de Energía en el sector eléctrico colombiano. *Prospectiva* 13(1), 39 - 51. Recuperado el 5 de marzo de 2021, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4962/496250641005>
- Congreso de la República. (11 de Julio de 1994). Ley por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de la electricidad en el territorio nacional [Ley 143 de 1994]. Bogotá.
- Congreso de la República. (13 de mayo de 2014). Ley de Energías Renovables. [Ley 1715 de 2014]. Bogotá.
- Congreso de la República. (3 de octubre de 2001). Ley mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones [Ley 697 de 2001]. Bogotá.
- Corredor, G. (2018). Colombia y la transición energética. *Ciencia Política*, 13(25), 107-125.
- Cortés, S., & Arango, A. (2017). Energías renovables en Colombia: Una aproximación desde la economía. *Ciencias Estratégicas* 25(38), 375 - 390. Recuperado el 6 de marzo de 2021, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1513/151354939007>
- Dávila, V. (2012). Análisis de riesgos en proyectos de infraestructura (tesis de magister). Bogotá, D.C.: Universidad de los Andes.
- Departamento Administrativo, d. (2017). Sector de Minas y Energía. Manual de Estructura del Estado. Bogotá: Departamento Administrativo de la Función Pública.
- García, J. (2016). Metodología de la administración para Administradores. Bogotá: Ediciones de la U.

- Gerrero, G., Sanchez, J., García, M., Lamata, M., & Verdegay, J. (2016). Decision-Making for Risk Management in Sustainable Renewable Energy Facilities: A Case Study in the Dominican Republic. *Sustainability (Switzerland)*, 8(5). Recuperado el 7 de marzo de 2021, de <https://www-scopus-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-84970950203&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=&st2=&sid=2761a5ad9ba408b43c68a9cef4183c3b&sot=b&sdt=b&sl=121&s=TITLE-ABS-KEY%28Decision-Making+for+Risk+Management>
- Gray, C., & Larson, E. (2009). *Administración de proyectos*. Ciudad de México: Mac Graw Hill.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México: McGrawHill.
- Humberto Ñaupas, e. a. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Izar, J. (2016). *Gestión y Evaluación de Proyectos*. Ciudad de México: Cengage Learning. Obtenido de <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=1978>
- Jacobo, R. G. (2017). *Medición de riesgos en Proyectos de Generación Eléctrica*.
- Jaramillo, J., & Solano, J. (2019). *Análisis de riesgos en proyectos de generación de energía en Colombia*. Medellín: Universidad EAFIT.
- Lledó, P. (2013). *Director de Proyectos: Cómo aprobar el examen PMP sin morir en el intento*. Victoria, BC, Canadá: El Autor.
- Lozano, J., Guerrero, G., Garcia, M., Lamata, M., & Verdegay, J. (2016). Decision-Making for Risk Management in Sustainable Renewable Energy Facilities: A Case Study in the Dominican Republic. Santo Domingo: Recuperado de www.mdpi.com/journal/sustainability.
- Martínez, F. (2020). *Gestión del riesgo operacional en proyectos fotovoltaicos aplicando el proceso de administración de riesgos del estándar australiano*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Ministerio de Minas y Energía. (2019). *Informe de gestión 2019-Ministerio de minas y energía*.
- Mulcahy, R. (2013). *PMP Exam Prep*. Estados Unidos de América: RMC Publications Inc.
- Munier, N., & Fernandez, M. (2014). *Bases para la gestión de riesgos en proyectos*. Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.

- Ortega, S. (2020). Instructivo Segunda Entrega Informe Técnico Resultado de Investigación. Bogotá: EAN.
- Ospina, D., & et al. (2020). Estructuración de la oficina de proyectos de apoyo para la empresa Stork Colombia, bajo lineamientos del PMI. Bogotá: Universidad EAN.
- Pereira, M. (2015). Las energías renovables: ¿Es posible hablar de un derecho energético ambiental? Elementos para una discusión. *Jurídicas CUC* 11(1), 233-254. Recuperado el 3 de marzo de 2021, de <http://dx.doi.org/10.17981/juridcuc.11.1.2015.10>
- Petrova, N., Rogleva, N., & Fustik, V. (2019). *Managing Renewable Energy Projects Including Risk Analysis*. MESTE: JEL Category: D81, Q2, Q42.
- Pinto, J. (2015). *Gerencia de Proyectos: ¿Cómo lograr la ventaja competitiva?* Bogotá: Pearson Educación de Colombia. Obtenido de <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=4097>
- PMI, P. M. (2017). *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) / Project Management Institute*. Newtown Square: PMI, Project Management Institute, Inc.
- PMI, P. M. (2019). *The standard for risk management in portafolios, programs, and projects*. Newtown Square: PMI, Project Management Institute, Inc.
- Rodríguez, S. (2012). *Metodología para la gestión del riesgo en proyectos (tesis de pregrado)*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Sapag, N., & Sapag, R. (2008). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. Bogotá: Mac Graw Hill.
- SIEL. (2020). Informe dinámico de registro de proyectos de generación de Energía Eléctrica. <http://www.siel.gov.co/Inicio/Generaci%C3%B3n/Inscripci%C3%B3ndeproyectosdeGeneraci%C3%B3n/tabid/113/Default.aspx>.
- UPME. (2013). *Estudio de generación eléctrica bajo escenario de cambio climático*.
- UPME. (2018). *Informe mensual de variables de generación y del mercado eléctrico colombiano*.
- UPME. (2019). *Informe de Gestión*.
- UPME. (2020). *Plan Energético Nacional 2020*.
- UPME. (31 de agosto de 2016). *Registro de Proyectos de Generación*. Bogotá: Unidad de Planeación Minero Energética.
- Varon, R. (2020). *Contextualización de la generación distribuida de energía eléctrica por sistemas de cogeneración y energías alternativas en Colombia*.