



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 11 de noviembre de 2022

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

Neiva

El (Los) suscrito(s):

Camilo Andrés Jiménez Castrillón, con C.C. No. 1075304712,

Juan Felipe Patarroyo Castrillón, con C.C. No. 1075305630.

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado Titulado “Lineamientos Para el Desarrollo Potencial de la Energía Solar Fotovoltaica en el Huila. Una Perspectiva de Gerencia de Proyectos” presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar al título de Magister en Gerencia Integral de Proyectos.

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE: Camilo Andrés Jiménez C.

EL AUTOR/ESTUDIANTE: Juan Felipe Patarroyo C.

Firma:

Firma:

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Lineamientos Para el Desarrollo Potencial de la Energía Solar Fotovoltaica en el Huila. Una Perspectiva de Gerencia de Proyectos

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Jiménez Castrillón	Camilo Andrés
Patarroyo Castrillón	Juan Felipe

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Méndez Lozano	Rafael Armando
Lara Figueroa	Derly Cibelly

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Castrillón Quintero	Camilo

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Magister en Gerencia Integral de Proyectos

FACULTAD: Facultad de Economía y Administración

PROGRAMA O POSGRADO: Maestría en Gerencia Integral de Proyectos

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2022

NÚMERO DE PÁGINAS: 198

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 5

Diagramas Fotografías Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general Grabados ___ Láminas ___
Litografías ___ Mapas Música impresa ___ Planos ___ Retratos ___ Sin ilustraciones ___ Tablas o Cuadros

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO: **Árbol de problemas, Entrevistas Semiestructuradas.**

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español	Inglés
1. <u>Proyecto</u>	<u>Project</u>
2. <u>Lineamientos</u>	<u>Guidelines</u>
3. <u>Energía Eléctrica</u>	<u>Electrical energy</u>
4. <u>Energía Solar</u>	<u>Solar Energy</u>
5. <u>Proyectos Energéticos</u>	<u>Energy Projects</u>
6. <u>Metodología</u>	<u>Methodology</u>

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

A pesar de haberse concertado en la Convención de las Naciones Unidas de 2015 sobre el Cambio Climático la transición energética hacia FNCER¹, tanto Colombia como el departamento del Huila no han presentado un avance significativo en comparación con otros países suramericanos. El propósito de este estudio fue establecer lineamientos para estructurar proyectos energéticos solares fotovoltaicos en el Huila y Colombia, aprovechando los aportes metodológicos en gestión de proyectos del PMI², PRINCE2³ y SCRUM.

¹ Fuentes No Convencionales de Energía Renovable

² Project Management Institute

³ Projects In Controlled Environments



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 5

La investigación se realizó con un diseño metodológico mixto, basado en un análisis documental sobre la demanda y oferta energética de Colombia y el Huila, las variables a tener en cuenta para el desarrollo de proyectos solares fotovoltaicos y las metodologías de gestión de proyectos mencionadas. Finalmente, se planteó una propuesta de lineamientos para desarrollar este tipo de proyectos según las variables identificadas, los procesos y actividades de una propuesta de gestión híbrida y la normatividad colombiana aplicable.

Los resultados señalan que actualmente en el mercado energético prevalece la generación de energía a partir de fuentes hidráulica y fósiles, las FNCER a nivel país representan apenas el 6,08%, mientras que a nivel departamental aún no hace parte de la matriz regional. A pesar de esta realidad, existe un margen amplio de mejora a esta situación, la cual, por las características climáticas y geográficas del departamento del Huila, ofrece un gran potencial para la generación de proyectos solares fotovoltaicos, cuya gestión se puede realizar a partir de los lineamientos generados en la propuesta híbrida de este estudio.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

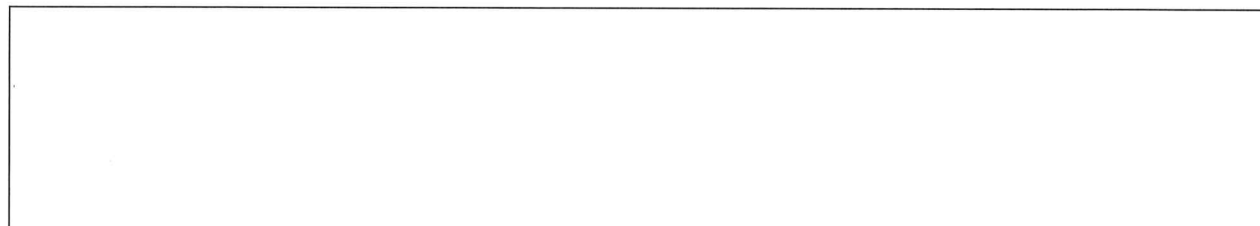
1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

4 de 5



ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

Despite that the energy transition towards FNCER has been agreed upon in the 2015 United Nations Convention on Climate Change, both Colombia and the Department of Huila haven't presented significant progress compared to other South American countries. The purpose of this study was to establish guidelines to structure photovoltaic solar energy projects in the department and Colombia, taking advantage of the methodological contributions in project management of PMI, PRINCE2 and SCRUM.

The research was carried out with a mixed methodological design, based on a documentary analysis of the energy demand and offer of Colombia and Huila, the variables to be considered for the development of photovoltaic solar projects and the previously mentioned project management methodologies. Finally, it was submitted a proposal for guidelines to develop this type of project according to the identified variables, the processes and activities of a hybrid management proposal and the applicable Colombian regulations.

The results indicate that currently in the energy market prevails the generation from hydraulic and fossil sources, the FNCER nationally only represent 6.08%, meanwhile in the department aren't part of the regional matrix yet. Despite this reality, there is a wide room for improvement in the present situation, which, because of the climatic and geographical characteristics of the department of Huila, offers great potential for the generation of photovoltaic solar projects, whose management can be carried out from the provided guidelines in the hybrid proposal of this study.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

5 de 5

[Empty box for description of the thesis or degree work]

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado: Ricardo Cortes-Sánchez

Firma:

Nombre Jurado: Néstor Leonel Serrano Losada

Firma:

**Lineamientos Para el Desarrollo Potencial de la Energía Solar Fotovoltaica en el Huila.
Una Perspectiva de Gerencia de Proyectos**

**Camilo Andrés Jiménez Castrillón
Juan Felipe Patarroyo Castrillón**

**Universidad Surcolombiana
Facultad de Economía y Administración
Maestría en Gerencia Integral de Proyectos
2022**

**Lineamientos Para el Desarrollo Potencial de la Energía Solar Fotovoltaica en el Huila.
Una Perspectiva de Gerencia de Proyectos**

Camilo Andrés Jiménez Castrillón
Email: camiloa261997@hotmail.com

Juan Felipe Patarroyo Castrillón
Email: juanfepata@outlook.com

Proyecto de grado para optar al título de Magister en Gerencia Integral de Proyectos

Director

Dr. Rafael Armando Méndez Lozano
Email: ramendez56@hotmail.com

Co – Director

Derly Cibelly Lara Figueroa
Email: derly.lara@usco.edu.co

Universidad Surcolombiana
Facultad de Economía y Administración
Maestría en Gerencia Integral de Proyectos

2022

Dedicatoria y Agradecimientos

El presente trabajo de investigación que se finalizó luego meses de arduo trabajo y esfuerzo; lo dedico con todo mi corazón y cariño a mi madre Martha Lucia, mi tíos Camilo e Isabel, mi novia Pilar Cristina y mi Abuela Cecilia; quienes a diario me motivan a ser mejor persona y crecer profesionalmente; han permanecido a mi lado durante este proceso y gracias a su apoyo incondicional logre alcanzar una meta más en mi vida y culminando esta etapa de la mejor forma. Los amo.

De igual forma Agradezco al Profesor Rafael Méndez, la Profesora Derly Lara y al Magister Camilo Castrillón; quienes nos acompañaron y guiaron con su conocimiento y amor por la investigación a lo largo del desarrollo de la investigación.

Camilo Andrés Jiménez Castrillón

Esta investigación se la dedico a mis padres Juan Carlos e Isabel, a mi hermano Nicolás, a mi tía Martha y a mi abuela Cecilia, quienes siempre confiaron en nosotros y nos motivaron a no desfallecer en esta labor, sin su presencia no sería la misma persona que orgullosamente hoy ha logrado cumplir una meta importante. Quiero agradecer también a nuestros tutores de tesis Rafael Méndez y Derly Lara, y al Magister y tío Camilo Castrillón, quienes fueron nuestra guía durante toda la investigación y nos ayudaron a no perder el camino.

Juan Felipe Patarroyo Castrillón

Tabla de Contenido

Siglas y Abreviaciones.....	XI
Glosario.....	XIII
Listado de Figuras.....	XVIII
Listado de Tablas	XX
Introducción	21
1. Descripción y Planteamiento del Problema.....	23
1.1 Pregunta de Investigación	26
2. Objetivos.....	27
2.1 Objetivo General	27
2.2 Objetivos Específicos	27
3. Justificación.....	28
4. Marco Referencial	30
4.1 Estado del Arte.....	30
4.1.1 Historia de la Energía Solar.....	30
4.1.2 Inicios de la Energía Solar Fotovoltaica.....	31
4.1.3 Estado Actual.....	31
4.1.4 Cómo se Genera la Energía Solar Fotovoltaica y sus Tipos de Proyectos	33
4.1.5 Ventajas y Desventajas de la Energía Solar	35
4.2 Marco Teórico	36
4.2.1 Proyecto	36
4.2.2 Ciclo del Proyecto	37
4.2.3 Gerencia de Proyectos	38
4.2.4 Metodologías en los Proyectos	39
4.2.4.1 Metodología PMI.....	39
4.2.4.2 Metodología PRINCE2.....	39
4.2.4.3 Metodología SCRUM.....	40
4.2.5 Lineamientos	40

4.2.6 Energía.....	41
4.2.6.1 Energía Eléctrica.....	41
4.2.6.2 Fuentes no Convencionales de Energía Renovable (FNCER).....	42
4.2.6.3 Energía solar.....	42
4.2.6.4 Proyectos Energéticos Solares Fotovoltaicos.....	44
4.3 Marco Normativo.....	46
4.4 Marco Contextual Y Geográfico.....	58
4.4.1 Superficie territorial.....	60
4.4.2 Relieve.....	61
4.4.3 Temperatura.....	62
4.4.4 Brillo solar.....	63
4.4.5 Precipitación.....	64
4.4.6 Vías de comunicación.....	66
4.4.7 Demanda Energética Eléctrica.....	67
5. Diseño Metodológico.....	69
5.1. Metodología.....	69
5.2. Herramientas e Instrumentos.....	69
5.3. Resultados y Productos.....	70
6. Diagnóstico de la Demanda y Oferta de energía con base en la Matriz Energética de Colombia y el Departamento del Huila.....	72
6.1. Mercado Energético de Colombia.....	72
6.1.1 Matriz Energética Colombiana.....	72
6.1.2 Oferta y Demanda Energética en Colombia.....	73
6.1.3 Energía Solar en Colombia.....	78
6.2 Mercado Energético del Departamento del Huila.....	82
6.2.1 Matriz Energética del Huila.....	82
6.2.2 Oferta y Demanda Energética en el Huila.....	83
6.2.3 Energía Solar en el Huila.....	87
7. Lecciones de Aprendizaje de Experiencias del Contexto Internacional, Nacional y Local ..	90

8. Análisis e Interrelación de las Metodologías de Gestión de Proyectos PMI, PRINCE2 y SCRUM en una Propuesta híbrida para Proyectos Solares Fotovoltaicos.....	97
8.1 PMI.....	97
8.1.1 Principios del PMBOK®.....	97
8.1.2 Dominios de Desempeño del PMBOK®.....	99
8.1.2.1 Dominio de Desempeño de los Interesados.....	99
8.1.2.2 Dominio de Desempeño del Equipo.....	100
8.1.2.3 Dominio de Desempeño del Enfoque de Desarrollo y del Ciclo de Vida.....	100
8.1.2.4 Dominio de Desempeño de la Planificación.....	101
8.1.2.5 Dominio de Desempeño del Trabajo del Proyecto.....	101
8.1.2.6 Dominio de Desempeño de la Entrega.....	101
8.1.2.7 Dominio de Desempeño de la Medición.....	101
8.1.2.8 Dominio de Desempeño de la Incertidumbre.....	102
8.1.3 Grupos de Procesos del PMBOK®.....	102
8.2 PRINCE2.....	103
8.2.1 Principios de PRINCE2.....	103
8.2.2 Estructura de la Organización en la Gestión del Proyecto.....	104
8.2.3 Temáticas de Prince2.....	105
8.2.3.1 Business Case.....	105
8.2.3.2 Organización.....	106
8.2.3.3 Calidad.....	106
8.2.3.4 Planes.....	106
8.2.3.5 Riesgo.....	106
8.2.3.6 Cambio.....	107
8.2.3.7 Progreso.....	109
8.2.4 Procesos y Actividades de Prince2.....	109
8.3 SCRUM.....	111
8.3.1 Principios de SCRUM.....	111
8.3.2 Aspectos de SCRUM.....	113
8.3.2.1 Organización.....	113

8.3.2.2 Justificación del Negocio.....	115
8.3.2.3 Calidad.....	115
8.3.2.4 Cambio.....	116
8.3.2.5 Riesgo.....	116
8.3.3 Procesos y Actividades de Scrum.....	116
8.4 Propuesta Híbrida para el Desarrollo de Proyectos Energéticos Solares Fotovoltaicos	118
8.4.1 Principios propuestos del Modelo Híbrido.....	122
8.4.2 Ejes Temáticos Propuestos del Modelo Híbrido	125
8.4.2.1 Organización y Roles de los Miembros de Gestión del Proyecto.....	125
8.4.2.2 Justificación de la inversión (Business Case).....	127
8.4.2.3 Planificación.....	127
8.4.2.4 Calidad.....	127
8.4.2.5 Progreso.....	127
8.4.2.6 Cambio.....	128
8.4.2.7 Riesgo.....	128
8.4.3 Procesos y Actividades Propuestos del Modelo Híbrido.....	129
8.4.4 Ciclo de Vida del Proyecto Propuesto del Modelo Híbrido	131
9. Lineamientos para la Estructuración de Proyectos Energéticos Solares Fotovoltaicos en Colombia.....	134
9.1 Procedimiento para la Asignación de Capacidad de Transporte de Energía en el SIN	134
9.1.1 Lineamientos para los G.D. / A.G.P.E. / A.G.G.E.	135
9.1.2 Lineamientos para Grandes Generadores	142
9.1.2.1 Procedimiento para Expedir Licencia Ambiental en Proyectos Energéticos FNCER.....	146
9.2 Procedimiento para Estructurar un Proyecto Solar Fotovoltaico a partir de la Propuesta de Gestión Híbrida	149
9.2.1 Fase de Viabilidad	149
9.2.1.1 Proceso de Inicio del Proyecto.....	149
9.2.2 Fase de Diseño.....	155
9.2.2.1 Proceso de Planificación del Proyecto.....	155
9.2.3 Fase de Construcción y Despliegue de Entregables	158

9.2.3.1	Proceso de Control Inicial de Fase.....	158
9.2.3.2	Proceso de Gestión de la Entrega de Productos.....	159
9.2.3.3	Proceso de Control del Progreso Durante la Fase.....	159
9.2.3.4	Proceso de Revisión y Retrospectiva de la Fase.....	159
9.2.4	Fase de Cierre.....	159
9.2.4.1	Proceso de Lanzamiento y Cierre del Proyecto.....	159
10.	Conclusiones y Recomendaciones.....	161
	Referencias Bibliográficas.....	165
	Anexos.....	181
	Anexo 1. (Árbol de Problemas).....	181
	Anexo 2. (Diseño Entrevista para Experto en Energía Solar).....	182
	Anexo 3 (Diseño Entrevista para Experto en Comercialización y Distribución de Energía)	
	184	
	Anexo 4 (Entrevista con Respuesta Experto en Energía Solar).....	186
	Anexo 5 (Entrevista con Respuesta Experto en Comercialización y Distribución de Energía)	
	192	

Resumen Ejecutivo

Desde los años ochenta, cuando por primera vez se empezó a hablar de nuevas fuentes de energía como una alternativa a las cada vez más escasas fuentes fósiles no renovables como el petróleo, carbón y gas natural, motores del cambio climático tan acelerado que se ha generado en el planeta en años recientes; ha dejado una marca en la consciencia colectiva de casi todos los gobiernos mundiales sobre la necesidad de encontrar energías limpias no contaminantes para el medio ambiente.

Si bien en 2015 en la Conferencia de las Naciones Unidas, se adoptó el denominado Acuerdo de Paris como una estrategia para combatir el cambio climático, en el cual uno de sus objetivos es garantizar el acceso a una energía asequible y no contaminante, el proceso hacia dicha transición en energética tanto en Colombia como en el Departamento del Huila ha sido bastante lento, tanto así que para el año 2018 según XM, en Colombia las FNCER representaban tan solo el 1% de la matriz energética del nacional.. Esta problemática, se debe en parte al desconocimiento general sobre marcos de trabajo para el desarrollo de proyectos y la ausencia de lineamientos o directrices específicas para poder llevar a cabo un proyecto energético en Colombia.

Como solución a este problema haciendo hincapié sobre la energía solar específicamente, en el desarrollo de la investigación se trabajan tres pilares fundamentales, en el primero se lleva a cabo un diagnóstico del mercado energético nacional y departamental, cuyo fin es evidenciar la pertinencia de la energía solar en el proceso de transición energética que está realizando el país y la necesidad de desarrollar nuevos proyectos basados en esta fuente. En el segundo se realiza una revisión documental sobre la energía solar, en donde se recopilan lecciones de aprendizaje de investigaciones en las que se hayan encontrado variables técnicas y estratégicas para estructurar proyectos solares fotovoltaicos. En el tercero se efectúa un análisis a los elementos principales de las metodologías de proyectos PMI, PRINCE2 y SCRUM, originando a partir de estos una propuesta de metodología híbrida, la cual combina varios de los componentes de dichos enfoques en aras de una gestión integral de proyectos solares.

En el capítulo final, se formulan los lineamientos que describen de manera concisa el paso a paso necesario para la construcción de proyectos energéticos solares tanto de auto generación como generación a gran escala, basándose en los elementos de las metodologías de proyectos.

Con los resultados obtenidos en esta investigación, se espera consolidar un aporte a la gestión integral de proyectos, por medio de la aplicación de enfoques de proyectos tradicionales y ágiles, integrados en un modelo híbrido orientado principalmente a los proyectos solares fotovoltaicos; asimismo, por medio del conocimiento generado, se busca contribuir de alguna manera al proceso de transición energética en la que poco a poco el Huila y Colombia en general se ha visto más comprometido.

Siglas y Abreviaciones

Tabla 1
Siglas y Abreviaciones

Abreviatura	Significado
ACOLGEN	Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica,
ANLA	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.
ASOENERGÍA	Asociación Colombiana de Grandes Consumidores de Energía Industriales y Comerciales.
BBVA	Banco Bilbao Vizcaya Argentaria.
BID	Banco Interamericano de Desarrollo.
CAM	Corporación Autónoma del Alto Magdalena.
CND	Centro Nacional de Despacho.
CNO	Consejo Nacional de Operación.
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas.
CT	Centro de Transformación.
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
DNP	Departamento Nacional de Planeación.
ELECTROHUILA	Electrificadora del Huila.
ESSA	Electrificadora de Santander.
FENOGE	Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía.
FNCE	Fuentes No Convencionales de Energía.
FNCER	Fuentes No Convencionales de Energía Renovable.
GEI	Gases de Efecto Invernadero.

Abreviatura	Significado
GWh	Gigavatios-hora.
hSd	Promedio de horas de sol al día.
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
KW	Kilovatio.
MEM	Mercado de Energía Mayorista.
MINMINAS	Ministerio de Minas y Energía.
MW	Megavatio.
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible.
ONU	Organización de las Naciones Unidas.
PCH	Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.
PEN	Plan Energético Nacional 2020 – 2050.
PHVA	Planear – Hacer – Verificar – Actuar.
PMBOK®	Project Management Body of Knowledge.
PMI	Project Management Institute.
PRINCE2	Projects In Controlled Environments.
SGR	Sistema General de Regalías.
SIN	Sistema Energético Nacional.
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética.
URE	Uso Racional y Eficiente de la Energía.
ZNI	Zonas No Interconectadas.

Glosario

Tabla 2
Glosario

Termino	Significado
Autogeneración	Actividad realizada por usuarios, sean estos personas naturales o jurídicas, que producen energía eléctrica, principalmente para atender sus propias necesidades. Cuando se atiende la necesidad / demanda energética propia, se realizará sin utilizar activos de uso de distribución y/o transmisión. Solo se podrán usar estos activos para entregar los excedentes de energía y el uso de respaldo de red (CREG, 2021).
Autogenerador	Usuario persona natural o jurídica que realiza la actividad de autogeneración de energía eléctrica. Este puede ser o no propietario de los activos de generación para realizar dicha actividad (CREG, 2021).
Autogenerador a gran escala (AGGE)	“Autogenerador con capacidad instalada o nominal superior al límite definido en el artículo primero de la Resolución UPME 281 de 2015, o aquella que la modifique o sustituya” (CREG, 2021, p. 6).
Autogenerador a pequeña escala (AGPE)	“Autogenerador con capacidad instalada o nominal igual o inferior al límite definido en el artículo primero de la Resolución UPME 281 de 2015 o aquella que la modifique o sustituya” (CREG, 2021, p. 7).

Termino	Significado
Capacidad instalada o nominal de un autogenerador y un generador distribuido	Es la capacidad continua a plena carga del sistema de generación del autogenerador o el generador que se conecta al SIN, bajo las condiciones especificadas según el diseño del fabricante. Cuando la conexión al SIN sea a través de inversores, esta capacidad corresponde a la suma de las capacidades nominales de los inversores en el lado de corriente alterna o con conexión al SIN. La capacidad nominal de un inversor corresponde al valor nominal de salida de potencia activa indicado por el fabricante. Si el valor de placa se encuentra en unidades de kVA o MVA, se deberá asumir un factor de potencia unitario (CREG, 2021, p. 7).
Corriente Alterna	Es el tipo de corriente eléctrica en la que el flujo de electrones cambia su sentido de manera periódica en intervalos regulares o ciclos (GreenFacts, s.f.).
Corriente Continua	Es el tipo de corriente eléctrica que fluye de manera constante en un solo sentido (GreenFacts, s.f.).
Crédito de energía	Excedentes de energía proveniente de FNCER entregados a la red por un AGPE, que se alterna contra la importación de energía que éste realice durante un período de facturación (CREG, 2021).

Termino	Significado
Electrón	“Partícula con carga eléctrica negativa. Los electrones forman la corteza exterior “reactiva” de los átomos que interacciona con otros y forman los vínculos químicos que mantienen a las moléculas unidas. El flujo de electrones entre dos puntos genera corriente eléctrica” (GreenFacts, s.f.).
Energía Eléctrica	Forma de la energía que se deriva de la presencia de cargas positivas y negativas que se neutralizan. Esta puede transformarse en diferentes tipos de energía como la lumínica, mecánica o térmica (ESSA, s.f.).
Excedentes de energía	“Toda entrega de energía eléctrica a la red realizada por un autogenerador, expresada en kWh” (CREG, 2021, p. 7).
Fotón	“Partícula de luz portadora de la interacción electromagnética. Un fotón se caracteriza por su energía o, equivalentemente, por su frecuencia” (Sociedad Española de Astronomía [SEA], s.f.).
Generación distribuida	Actividad de generar energía eléctrica con una planta cuya capacidad instalada o nominal de generación sea menor a 1MW, la cual debe estar instalada cerca de los centros de consumo y conectada al Sistema de Distribución Local, SDL (CREG, 2021).

Termino	Significado
Generador distribuido (GD)	“Empresa de Servicios Públicos (ESP) que realiza la actividad de generación distribuida. Para todos los efectos, es un agente generador sujeto a la regulación vigente para esta actividad, con excepción de los procedimientos de conexión y comercialización aquí definidos” (CREG, 2021, p. 7).
Importación de energía	“Cantidad de energía eléctrica consumida desde las redes del SIN por un autogenerador, expresada en kWh” (CREG, 2021, p. 7).
Operador de Red de STR y SDL, OR	Persona encargada de la planeación de la expansión, las inversiones, la operación y el mantenimiento de todo o parte de un Sistema de Transmisión Regional, STR, o de un Sistema de Distribución Local, SDL, incluidas sus conexiones al Sistema de Transmisión Nacional, STN. Los activos pueden ser de su propiedad o de terceros. Para todos los propósitos, son las empresas que tienen Cargos por Uso de los STR o SDL aprobados por la CREG. El OR siempre debe ser una Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios, ESP. La unidad mínima de un SDL para que un OR solicite Cargos de Uso corresponde a un Municipio (CREG, 2021, pp 7-8).
Sistema de Transmisión Nacional (STN)	Es el sistema interconectado que transmite energía eléctrica a todo el país, se compone por un conjunto de líneas junto a unos módulos de conexión, las cuales operan a tensiones iguales o superiores a 220 kV (CREG, 2021).

Termino	Significado
Sistema de Transmisión Regional (STR)	Es el sistema interconectado compuesto por redes regionales o interregionales de transmisión de energía eléctrica, se compone por un conjunto de líneas y subestaciones con sus equipos asociados, las cuales no pertenecen a un sistema de distribución local y operan a tensiones menores de 220 kV (CREG, 2021).
Transmisor Nacional (TN)	Persona jurídica que realiza la actividad de Transmisión de Energía Eléctrica en el STN, o que ha constituido una empresa cuyo objeto es el desarrollo de dichas actividades. Para todos los propósitos, son las empresas que tienen aprobado por la CREG un inventario de activos del STN o un Ingreso Esperado. El TN siempre debe ser una Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios, ESP (CREG, 2021, p. 8).
XM	Empresa del Grupo ISA especializada en la gestión de sistemas de tiempo real, la administración del mercado de energía mayorista y el desarrollo de soluciones y servicios de energía e información para Colombia (XM, s.f.).

Listado de Figuras

Ilustración 1 Bhadla Solar Park (India)	32
Ilustración 2 Componentes principales de los Sistemas Solares Fotovoltaicos.....	33
Ilustración 3 Esquemas de Generación Energética Solar Fotovoltaica	34
Ilustración 4 Ubicación del Departamento del Huila en la geografía de Colombia	59
Ilustración 5 Macizo Colombiano.....	62
Ilustración 6 Temperatura media anual en el Departamento del Huila	63
Ilustración 7 Distribución del brillo solar diario en el Departamento del Huila.....	63
Ilustración 8 Precipitación media total mensual en el Departamento del Huila	65
Ilustración 9 Número de días con lluvia anual en el Departamento del Huila	65
Ilustración 10 Vías de comunicación en la subregión del Norte del Departamento del Huila	66
Ilustración 11 Evolución de la Matriz Energética Colombiana 2018 - 2022.....	72
Ilustración 12 Distribución de Colombia por regiones según la UPME.....	74
Ilustración 13 Evolución de la Demanda Energética en Colombia por sectores	76
Ilustración 14 Transacciones y Precios en el Mercado Mayorista en el año 2020	77
Ilustración 15 Transacciones y Precios en el Mercado Mayorista en el último bimestre del 2021	78
Ilustración 16 Proyecto Energético Solar La Loma (Cesar – Colombia)	81
Ilustración 17 Capacidad de generación de energía eléctrica del Departamento del Huila.....	82
Ilustración 18 Comparación de la generación de energía eléctrica entre el Departamento del Huila y Colombia (2020)	83
Ilustración 19 Distribución de los usuarios en el Departamento del Huila.....	85
Ilustración 20 Desierto de la Tatacoa, Ubicación del próximo Parque Solar de 230 MW en el Huila.....	87
Ilustración 21 Proyectos energéticos solares Industriales, Comerciales y Residenciales en Neiva	88
Ilustración 22 Ciclo del Involucramiento de los Interesados	100
Ilustración 23 Niveles de Organización en la Estructura de Gestión del Proyecto	105
Ilustración 24 Procedimiento de Gestión del Riesgo	107
Ilustración 25 Ciclo Deming (PHVA)	115

Ilustración 26 Diagrama de Venn las similitudes y diferencias de PMI, PRINCE2 y SCRUM .	118
Ilustración 27 Jerarquía propuesta para la Gestión del Modelo Híbrido	125
Ilustración 28 Ciclo de Vida del Proyecto del Modelo Híbrido	131
Ilustración 29 Tiempos de revisión de la completitud de la información.....	140
Ilustración 30 Tiempos de la verificación técnica de la documentación	141

Listado de Tablas

Tabla 1 Siglas y Abreviaciones.....	XI
Tabla 2 Glosario.....	XIII
Tabla 3 Componentes de los Sistemas Energéticos Fotovoltaicos	44
Tabla 4 Normativa relacionada a la Energía Eléctrica en Colombia	46
Tabla 5 Oferta Nacional de energía eléctrica Colombiana Interconectada al SIN	59
Tabla 6 Población y extensión territorial en km2 de las subregiones del Departamento del Huila	61
Tabla 7 Proyección de la Demanda y Consumo Energético en Colombia 2022 - 2035	73
Tabla 8 Porcentaje de participación y consumo energético por región	75
Tabla 9 Parques Solares conectados al SIN en Colombia al 2019	79
Tabla 10 Parques Solares próximos a abrir en Colombia (2022)	79
Tabla 11 Tarifas Promedio ELECTROHUILA 2019 y 2020	86
Tabla 12 12 Principios de la Dirección de Proyectos (PMBOK®)	97
Tabla 13 Grupos de Procesos (PMBOK®).....	102
Tabla 14 7 Principios de PRINCE2	103
Tabla 15 Los Procesos y Actividades de PRINCE2	109
Tabla 16 Los Principios de SCRUM	111
Tabla 17 Roles Centrales Vs Roles No Centrales de SCRUM.....	113
Tabla 18 Los Procesos y Actividades de SCRUM	117
Tabla 19 Interrelación metodologías de proyecto PMI, PRINCE2 y SCRUM.....	119
Tabla 20 Los Principios del Modelo Híbrido	122
Tabla 21 Grupos de Procesos y Actividades propuestos para el Modelo Híbrido.....	129
Tabla 22 Tipos de Proyectos Energéticos Según la Capacidad de Generación	134
Tabla 23 Sumatoria de la Potencia Máxima Declarada	136
Tabla 24 Sumatoria de la Cantidad de Energía que Puede Entregar	136
Tabla 25 Requerimientos de los Estudios Simplificados Según La Capacidad de Generación .	137

Introducción

Este trabajo presenta los pasos a seguir para la construcción, puesta en marcha y conexión de cualquier tipo de proyecto solar fotovoltaico al Sistema Interconectado Nacional (SIN), basando la gestión del proyecto en una metodología de enfoque de desarrollo híbrido creada a partir de los fundamentos teóricos del PMI, PRINCE2 y SCRUM. Encuentra su motivación en la necesidad de crear un instrumento documental académico, cuyo propósito es ofrecer conocimiento procedimental a las personas naturales o empresas sobre el qué hacer para crear un proyecto solar y cómo puede hacerlo.

Luego de la introducción, en el primer capítulo se describe y plantea el problema de investigación. Se inicia con una contextualización de cómo la energía eléctrica ha aumentado progresivamente su demanda en Colombia en los últimos años, la situación actual del país respecto a su matriz energética y la relevancia que han tenido las FNCER en los últimos años en el proceso de transición energética. Posteriormente se hace una descripción de la situación problema, sus principales causas y consecuencias, derivando finalmente en la pregunta de investigación.

En el segundo capítulo del documento se hace mención del objetivo general y cada uno de los objetivos específicos que posee la investigación.

En el tercer capítulo se justifica la pertinencia del tema de investigación, contrastando la gran importancia que se le ha dado a las energías renovables como uno de los pilares del desarrollo de la sociedad moderna desde la perspectiva global (Objetivo de Desarrollo Sostenible NO 7), nacional (documento CONPES 3934 “Política de Crecimiento Verde” y Plan Energético Nacional) y departamental (Plan de Desarrollo Departamental “Huila Crece”).

En el cuarto capítulo se presenta el marco de referencia dividido en cinco subcapítulos. El primer subcapítulo contiene el estado del arte. En el segundo se indaga sobre aspectos teóricos respecto a los proyectos, ciclo del proyecto, gerencia de proyectos, gestión, las metodologías de proyecto PMI, PRINCE2 y SCRUM, lineamientos y energía. En el tercero se hace la relación de toda la normativa relacionada a la Energía Eléctrica en Colombia. En el quinto se exploran elementos clave del contexto geográfico del Departamento del Huila para los proyectos solares fotovoltaicos.

En el quinto capítulo se describe el diseño metodológico de la investigación, a lo largo de los tres subcapítulos correspondientes a esta sección se especifica el tipo de investigación, las herramientas e instrumentos utilizados para la búsqueda y recopilación de información, los resultados y productos esperados.

En el sexto capítulo se hace un diagnóstico al mercado energético de Colombia y del Departamento del Huila, este se compone del análisis a la matriz energética nacional y Huilense, la oferta y demanda de energía en el país y el Departamento, y de la situación actual de la energía solar en Colombia y el Huila.

En el séptimo capítulo se reúne información documental de diferentes investigaciones, artículos, tesis, entre otras publicaciones científicas del contexto internacional, nacional y local, en donde se manejen las variables técnicas y estratégicas clave para estructurar e implementar proyectos de energía solar fotovoltaicos.

En el octavo capítulo se hace una relación de las metodologías de proyectos PMI, PRINCE2 y SCRUM, comparando las principales similitudes y diferencias en el enfoque de desarrollo tradicional o ágil que domina cada metodología, profundizado a través de los principios, ejes temáticos y grupos de procesos de cada enfoque. De dicho análisis deriva un modelo de gestión híbrido propuesto para el desarrollo de los proyectos solares fotovoltaicos.

En el noveno capítulo trece se presentan los lineamientos y demás pautas/directrices a tener en cuenta para estructurar un proyecto solar fotovoltaico, aplicando los conceptos y herramientas del modelo de gestión de proyectos propuesto.

Por último, en el décimo, se presentan las conclusiones de la investigación.

1. Descripción y Planteamiento del Problema

Hoy por hoy la humanidad se encuentra en medio de grandes cambios, los cuales afectan directamente el ritmo de vida y el desarrollo de las diferentes actividades sociales y económicas que realiza la sociedad; como consecuencia de ello, las personas deben adaptar constantemente el medio en donde conviven, para así suplir sus necesidades.

Uno de los principales ejes de crecimiento y desarrollo del mundo es la energía, como fuente para la ejecución de una gran diversidad de actividades; por ello, además del acelerado crecimiento de la población, se ha generado un aumento sustancial en la demanda energética en todo el planeta incluyendo Colombia, que según la UPME en el documento denominado “Proyección Regional de la Demanda de Energía Eléctrica y Potencia Máxima en Colombia” (Revisión julio 2019), indica que para el año de 2004 el consumo energético en el país era de 7.900 MW mientras que en el año 2019 esta cifra ya había aumentado a 10.000 MW, lo que equivale a un aumento del 26,58% en un lapso de tan solo 15 años. Según esta institución, para el año 2033 se proyecta que la demanda energética en el país sea de 13.800 MW, lo que equivale a un aumento del 74,68% en comparación con el 2004 y un 38% en comparación con el año 2019.

En la actualidad la mayor parte de la energía producida en el mundo, se basa fundamentalmente en energías convencionales, las cuales en general se caracterizan por hacer un uso desmedido de recursos naturales no renovables que en su mayoría son limitados y en algunos casos las reservas de estos recursos para algunos países es escasa, Ocampo (2021) por ejemplo, afirma que a Colombia le quedan reservas de petróleo y gas solamente para 6,3 y 7,7 años respectivamente; por otra parte, estas fuentes también son conocidas por dejar grandes impactos negativos sobre el medio ambiente, afectando de forma directa la diversidad de la fauna y la flora del entorno en donde se desarrollan los proyectos.

Según la UPME (2018), en el Informe Mensual de Variables de Generación y del Mercado Eléctrico Colombiano, en Colombia para este periodo el 99,06% de la energía producida era de fuentes convencionales; vale recalcar que estas cifras se encuentran en constante cambio debido a la importancia que han tomado las fuentes de energías alternativas en

Colombia, puesto que según Plan Energético Nacional 2020 – 2050 en los próximos años en el país este tipo de fuentes deben aumentar su porcentaje de participación dentro del SIN.

Lo anterior fundamenta la importancia de la generación de energía, la gestión de más proyectos energéticos y la necesidad de aumentar la diversidad de fuentes en la matriz energética; por lo cual, el mundo en general se ha visto inmerso en la necesidad de buscar nuevas fuentes de energía, esencialmente aquellas que se caracterizan por ser limpias y menos perjudiciales para el medio ambiente. Por ello, las fuentes de energías alternativas basadas en recursos renovables (Solar, eólica, mareomotriz, geotérmica, la basada en biomasa, entre otras) comenzaron a tomar fuerza en los últimos años en el mundo, convirtiéndose así en un eje fundamental para la producción de energía.

En Colombia solamente hasta el año 2014 comenzó a tomar importancia este tema a nivel macro, cuando el Gobierno Nacional expidió la Ley 1715, por medio de la cual se reguló la integración de las energías renovables no convencionales al SIN. A partir de allí en el país se iniciaron planes, programas y proyectos que incluyeran este tipo de fuentes energéticas.

Del 2014 a la actualidad, una de las energías limpias que mayor relevancia ha tomado en el país gracias a condiciones ambientales y geográficas favorables son la energía eólica, aquella basada en las fuerzas generadas por las corrientes de viento. En 2018 ya el país contaba con una capacidad instalada de producción de energía de 18,4 MW, y según los estudios y análisis realizados a la fecha la gestión y desarrollo de proyectos basados en este tipo de energía, se deben enfocar principalmente en la zona norte del país, más exactamente la Costa Caribe en donde según el Atlas de Viento de Colombia desarrollado por la UPME y el IDEAM se cuenta con una capacidad de producción de 20.000 MW, mientras que el Departamento del Huila cuenta con una capacidad de generación del 2.000 MW.

Por otra parte, la Energía Solar FV ha sido la segunda fuente alternativa que mayor acogida ha tenido en el país, esto se puede evidenciar con el crecimiento en su nivel de participación dentro de la matriz energética nacional. Según el informe mensual de producción energética de febrero del 2018, la energía solar contaba con una capacidad de producción de 9,8 MW mientras que ya para finales del 2020 la capacidad había aumentado a 258,9 MW con los 9 parques solares que se habían inaugurado en diferentes lugares del país, esto se debe a que en

diversas partes de Colombia se cuenta con las condiciones necesarias para la generación de energía a partir de la luz solar.

Según Benavides et al. (2017) para el aprovechamiento de esta fuente de energía, se necesita de la relación de tres variables conocidas como: Intensidad de radiación solar (kWh/m²), promedio de horas de sol al día (hSd) y promedio del número de días al mes con brillo solar. Según el Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia el Departamento del Huila cuenta a nivel general, con un óptimo nivel en las tres variables claves para el aprovechamiento de la luz solar como fuente de energía.

A pesar de lo anterior, al día de hoy el Huila aún no cuenta proyectos de grandes dimensiones conectados al SIN que generen energía a partir de luz solar. Esto se debe a diferentes factores, siendo uno de ellos, la ausencia investigaciones que aporten información útil para aprovechar su potencial energético, al desconocimiento general sobre marcos de trabajo para la gestión de proyectos como PMI, PRINCE2 o SCRUM y la ausencia de algún documento en donde se especifiquen unos lineamientos o directrices a tener en cuenta para la estructuración de este tipo de proyectos e integre aspectos tales como: los técnicos, metodológicos, legales, organizativos, financieros, ambientales, entre otros, que motive la gestión de proyectos energéticos que tengan como fuente principal la luz solar; en el año 2019 solo habían veinte unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas y cero estudios de pre inversión realizados (Gobernación del Huila, 2020).

Una de las principales causas que está generando la ausencia del uso de energías alternativas en la región, es la poca relevancia que se le ha dado al tema y esto se debe en parte a que en el Plan Regional de Competitividad Regional del 2015, solo se tomaba en cuenta a las hidroeléctricas como la única fuente generadora de energía y solamente en el año 2019 por medio de la Agenda Integrada de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación del Departamento del Huila, se empezaron a tomar en cuenta otros tipos de energía; por tal motivo, hasta el momento los incentivos para la gestión y el desarrollo de estudios, planes, programas y proyectos relacionados con la energía solar son inexistentes.

Las consecuencias más relevantes que se tienen a partir del problema central son: El desaprovechamiento de una potencial fuente de energía renovable capaz de solventar otra serie

de dificultades a largo plazo, el desabastecimiento o racionamiento de la energía ante la incapacidad de suplir la demanda para el país y el Departamento al depender únicamente de las fuentes convencionales y los efectos negativos generados por la sobre explotación de fuentes de energía tradicionales no renovables, como el calentamiento global y el agotamiento progresivo de los recursos naturales no renovables.

En el anexo 1 se representa gráficamente la relación del objetivo general con los objetivos específicos y la situación problema mediante un árbol de problemas.

1.1 Pregunta de Investigación

El preocupante escenario mostrado anteriormente, incita e invita a la sociedad y al gobierno a realizar investigaciones que recopilen la mayor cantidad de información que sirva(n) como base para la gestión y el desarrollo de proyectos energéticos solares fotovoltaicos en el Departamento del Huila. Por ende, la pregunta a resolver es ¿Cómo aprovechar conceptos de las metodologías PMI, PRINCE2 y SCRUM para el desarrollo de proyectos de energía solar fotovoltaica en el Huila?

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Establecer los lineamientos para la estructuración de proyectos energéticos solares fotovoltaicos en el Departamento del Huila.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico de la demanda y oferta de energía a partir de la matriz energética de Colombia y el Departamento del Huila.
- Analizar información documental del contexto internacional, nacional y local que sea referente y aporte lecciones de aprendizaje sobre las variables técnicas y estratégicas para estructurar e implementar proyectos de energía solar fotovoltaicos en el Departamento del Huila.
- Establecer e interrelacionar metodologías y herramientas de gerencia de proyectos aplicables a la gestión de proyectos de energía solar en Colombia.

3. Justificación

El desarrollo e implementación de las energías renovables en el mundo ha ido tomando mayor relevancia en los últimos años, especialmente luego de haber sido planteado como uno de los diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible adoptados por todos los 193 países miembros de las Naciones Unidas para erradicar la pobreza, proteger al planeta y asegurar la prosperidad en el futuro. Al respecto la Organización de las Naciones Unidas [ONU] (2015) en el objetivo No 7, plantea “garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna”.

Colombia respecto a los planes y políticas que abarcan lo relacionado con las energías renovables, dispone de un Documento CONPES 3934 “Política de Crecimiento Verde”, el cual de acuerdo con el Departamento Nacional de Planeación [DNP] (2018), se consideran estas fuentes como un concepto clave en el modelo de crecimiento verde, cuyo propósito es asegurar el capital natural a largo plazo y generar un mayor crecimiento económico que sea competitivo y sostenible por medio de la innovación, la tecnología y la eficiencia. Asimismo, dentro del PEN Colombia: Ideario Energético 2050, se establece como objetivo específico para el sector energético “lograr el abastecimiento interno y externo de energía de manera eficiente, con el mínimo impacto ambiental y generando valor para las regiones y poblaciones. Se busca entonces, mejorar tanto la seguridad como la equidad energética, incorporando criterios de sostenibilidad ambiental” (Unidad de Planeación Minero Energética [UPME], 2015, p. 81).

Una de las razones principales por las cuales este proyecto va a enfocarse en la energía solar, es por la gran capacidad que posee tanto Colombia como el Departamento del Huila de generar energía eléctrica a partir de este recurso. Benavides et al. (2017) en el Atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia, explica que los tres factores principales que determinan el potencial solar conocidos como la intensidad de radiación solar (kWh/m²), el promedio de horas de sol al día (hSd) y el promedio del número de días al mes con brillo solar presentan valores positivos para su aprovechamiento en la región.

Otra de las razones es la gran oportunidad que se pudo encontrar de contribuir a la diversificación de la matriz energética en el Departamento del Huila, pues a pesar de ser una región geográfica con características idóneas para desarrollar proyectos solares como el relieve, las temperaturas mayormente cálidas, el bajo volumen de precipitación de lluvia y los altos

niveles de radiación y brillo solar, no ha logrado aprovechar esa ventaja comparativa y convertirla en una ventaja competitiva.

De acuerdo con la Gobernación del Huila y Cámara de Comercio de Neiva (2015); en la Agenda Interna y el Plan Regional de Competitividad del Huila del año 2015, de acuerdo con las estrategias definidas para la apuesta productiva energética, no se hace mención alguna a la energía solar como una fuente alternativa y en su lugar hace alusión exclusivamente al desarrollo de proyectos hidroeléctricos. Solo en los años más recientes se ha enfatizado en el uso de energías renovables alternativas en los planes Departamentales, en la Agenda Integrada de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación del Departamento del Huila se plantea objetivo “establecer las apuestas productivas priorizadas en consenso con los actores regionales que orientan la dinámica competitiva del departamento y sobre las cuales se construirá la Agenda Integrada de CCTI”, dentro de las cuales en su numeral 5 “energía” hacen referencia a la generación de energía eléctrica a través de pequeñas centrales hidroeléctricas, la energía solar y biomasa (Confecámaras et al., 2019, p. 11).

Por otra parte, dentro del Plan de Desarrollo Departamental “Huila Crece” 2020-2023, la Gobernación del Huila (2020) recalcó en el diagnóstico realizado al sector de Minas y Energía lo siguiente:

“El Huila por su posición geográfica presenta un potencial de exposición solar grande que le permite desarrollar proyectos con enfoque tecnológico y ambiental que apunten al desarrollo del Huila en energías alternativas, y que podamos como Departamento minimizar el daño generado por las represas”. (p. 150)

Por lo mencionado anteriormente, la presente investigación pretende contribuir a una de las metas establecidas en los ODS “aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas de aquí al 2030”; para ello, se estructura un documento que consigne los lineamientos que sirvan como base para la estructuración de proyectos energéticos solares fotovoltaicos en el Departamento del Huila; este es un tema de interés prioritario para que el desarrollo económico y social se encuentre en armonía con el medio ambiente.

4. Marco Referencial

4.1 Estado del Arte

4.1.1 Historia de la Energía Solar

El inicio del uso de la energía solar se remonta a tiempos lejanos, en donde las civilizaciones antiguas hacían uso de ella en diferentes actividades de forma básica y empírica. Según Werner Heisenberg (1955), los griegos hacen más de 2500 años fueron una de las primeras civilizaciones en utilizar la energía solar a su favor, esto se dio a raíz de los fuertes inviernos y veranos a los que se enfrentaba su región de forma constante; por ello, decidieron reajustar el diseño de las casas donde habitaban para recepcionar la luz solar de forma adecuada y así lograr mantener una temperatura equilibrada en el interior de las estructuras en las temporadas del año. La técnica durante la época fue tan exitosa que el imperio romano luego de agotar en gran medida los recursos que utilizaban para la calefacción, decidieron ajustar sus estructuras a la técnica diseñada previamente por los griegos.

Posterior a ello, con el desarrollo y profundización en diferentes áreas del conocimiento como lo es la geometría, las principales y más avanzadas civilizaciones de la época (Griega/Romana/China) descubrieron otros usos que podrían darle a la energía solar e iniciaron a utilizarla en diferentes inventos y productos avanzados para la época, como lo era el ser un componente para originar la combustión de elementos que se encontraran en su entorno por medio de la utilización de espejos y reflectores a base de plata, cobre o bronce o el uso de la misma para las denominadas armas incendiarias; inicialmente, se diseñaban y hacían uso de reflectores esféricos, pero con el paso del tiempo los griegos determinaron que los parabólicos tenían una mayor efectividad al concentrar en mejor forma el calor. Con los avances que la sociedad fue presentando a medida que los años pasaban, el uso de la energía solar comenzó a diversificarse pasando por diferentes productos como los invernaderos, cajas calientes y los motores, hasta llegar a las sociedades modernas en donde se utiliza esta fuente para la generación de energía eléctrica la cual posee un sinnúmero de usos en los diferentes sectores de la economía actual.

4.1.2 Inicios de la Energía Solar Fotovoltaica

De acuerdo con Puig y Jofra (2007), la energía solar fotovoltaica como fuente comenzó a gestarse en primera medida hacia el año de 1839 cuando un físico de nombre Antoine Becquerel descubrió y dio a conocer la capacidad que existe de obtener energía eléctrica a partir de la captación de la luz solar, fenómeno denominado como fotovoltaico; pero a su vez, dejó en claro que se debía obtener un material que fuese capaz de captar la luz solar y transformarla en energía eléctrica. Para el año de 1870, William Grylls Adams y Evans Day descubrieron que el selenio era un material que puede receptor la luz solar y generar con ella una corriente eléctrica. Charles Fritts en 1885 fue quien diseñó el primer módulo fotoeléctrico a base de selenio y oro, descubrimiento mediante el cual la Real Academia de Prusia confirmó por primera vez en la historia científica la transformación directa de la energía de la luz en energía eléctrica.

Durante los años de 1940 y 1950 se realizaron diferentes tipos de estudios en donde se determinó que el selenio es menos efectivo para la captación de la luz solar y generación de la energía eléctrica que el silicio, fue así como a partir de la década de los 50 debido al agotamiento de los recursos además del aumento de la demanda energética producto del crecimiento de la población y la revolución industrial, se vio la necesidad de aumentar la capacidad de generación de energía para abastecer del servicio eléctrico a los pobladores e industrias; como respuesta a dicha situación, diferentes empresas optaron por comprar la patente para la fabricación de celdas fotovoltaicas a base del silicio, dando inicio a su producción a nivel industrial.

La primer gran aparición de la energía solar fotovoltaica a nivel mundial fue en el año de 1955 cuando Chapin, Fuller y Pearsons, en compañía de Hans Ziegler, en ese entonces jefe de investigación sobre sistemas de suministro de energía del ejército estadounidense, inventaron el denominado “Lunch Box”, proyecto que consistía en la construcción y lanzamiento de un satélite artificial equipado con células fotovoltaicas de silicio para su propio autoabastecimiento.

4.1.3 Estado Actual

A finales del 2021, la energía solar fotovoltaica era la segunda FNCER con mayor potencia renovable instalada en el mundo con capacidad de 849.000 MW, posicionada solamente detrás de la energía hidráulica con 1.230.000 MW de capacidad instalada; las cuales, respecto a los 3.064.000 MW de la capacidad total entre todas las FNCER en ese momento, representaban el 28% y 40% de participación respectivamente. Además, se encontró que China e India son los

países con la mayor capacidad de generación de energía solar fotovoltaica actualmente (Barrero, 2022).

Según Roca (2020), en agosto de ese año los dos mayores parques solares fotovoltaicos del mundo encontrados en la India, El Bhadla Solar Park y el Pavagada Solar Park, contaban con una capacidad de generación eléctrica de 2.245 (MW) y 2.050 (MW). Juntos poseen a la capacidad de generar 4.295 (MW), lo que en relación con el total de la generación energética de Colombia para el año 2020 (17.749 MW) equivale al 24,2%.

El éxito del Bhadla Solar Park particularmente se debe a que el proyecto se ubica en una región desértica de la India, cuyo suelo arenoso y seco, intensidad de radiación solar alta y temperaturas que oscilan entre los 46 y 48 °C lo convertían en una ubicación privilegiada para el aprovechamiento de la tecnología solar fotovoltaica (Libretilla, 2021).

Ilustración 1

Bhadla Solar Park (India)



Fuente. Imagen desde el aire del Bhadla Solar Park en la India.

<https://www.nsenergybusiness.com/projects/bhadla-solar-park-rajasthan/>

Actualmente en el mundo existen 6 plantas de generación eléctrica solar con una capacidad mayor o igual a 1.000 (MW), de las cuales ninguna se encuentra en el continente Latinoamericano a pesar de contar con las condiciones idóneas para el desarrollo de este tipo de proyectos en ciertos países.

El parque solar más grande de esta zona del mundo se encuentra ubicado en México, más exactamente en el estado de Coahuila (Parque Solar Fotovoltaico Villanueva) con una capacidad de 754 (MW), desarrollado por ENEL Green Power México (Roca, 2020). El segundo lugar lo

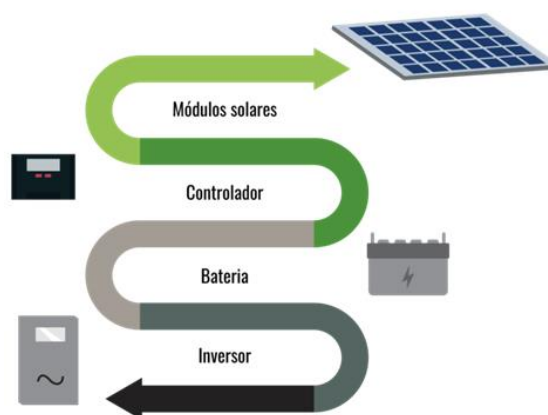
tiene el Parapara Solar, ubicado en un terreno de 800 hectáreas que se encuentra al norte de la ciudad de Belo Horizonte en Brasil, con una capacidad de 400 (MW) y permitiéndole suplir la demanda de 420.000 hogares.

4.1.4 Cómo se Genera la Energía Solar Fotovoltaica y sus Tipos de Proyectos

Los proyectos energéticos solares fotovoltaicos tienen como fuente única y principal a la luz solar para la generación de la energía eléctrica, los sistemas energéticos fotovoltaicos encuentran conformados principalmente por tres elementos: los módulos solares encargados de receptar la luz solar, contadores que tienen la misión de cuantificar y suministrar la energía generada al sistema y los inversores que cumplen la función de convertir la Corriente Continua (CC) en Corriente Alterna (CA). Dependiendo de la capacidad de generación y el tipo de proyecto, algunos de estos cuentan con unidades de almacenamiento para la energía producida.

Ilustración 2

Componentes principales de los Sistemas Solares Fotovoltaicos



Fuente. Principales Componentes de los Sistemas Energéticos Solares Fotovoltaicos.

<https://www.sunsupplyco.com/componentes-de-un-sistema-de-energia-solar/>

Según indica Sotysolar (2021) el proceso de generación de la energía eléctrica a partir de la luz solar, inicia cuando los rayos solares cargados con fotones inciden sobre los paneles solares conformados por células fotovoltaicas, compuestas generalmente a partir de placas de silicio monocristalino o policristalino alojadas en un marco de aluminio y recubiertas bajo una carcasa de cristal y un doble encapsulado, tras dicho impacto, se desprenden electrones que son atraídos por la carga positiva del silicio que compone el panel solar, generando un circuito eléctrico que sale por el cableado como Corriente Continua (CC) en un rango de 380 a 800 vatios

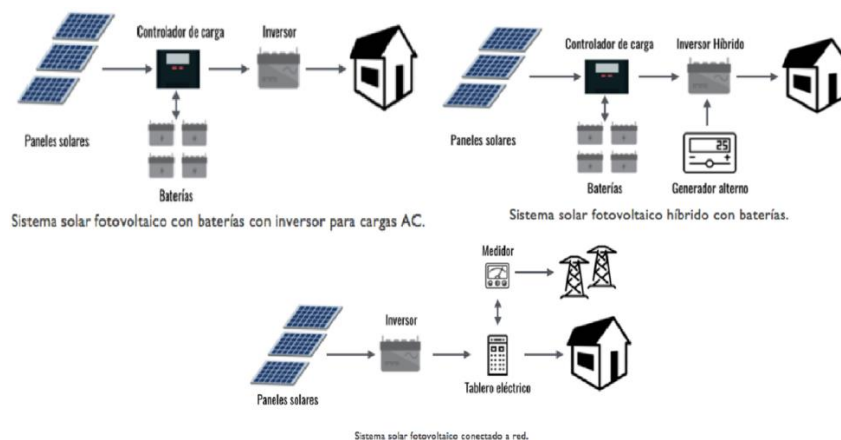
y será posteriormente convertido en Corriente Alterna (CA) por el inversor, la corriente apta para utilizar en los diferentes elementos electrónicos con los que actualmente cuenta la sociedad.

En los proyectos energéticos solares fotovoltaicos híbridos y descentralizados se suma un paso en el proceso de generación de la energía correspondiente al almacenamiento, dotándolos con la capacidad de acumular excedentes de energía por medio de baterías y la posibilidad de utilizarla cuando se presenten malas condiciones atmosféricas o haya ausencia de luz solar. Por lo anterior, hoy por hoy existen tres tipos de proyectos energéticos solares fotovoltaicos diferentes:

- **Centralizados:** Son aquellos que se encuentran conectados a una red eléctrica general como lo es el SIN para Colombia y funcionan como un generador más de los que están conectados al sistema. La totalidad de la energía producida es cargada a la red y por lo tanto no cuentan con unas unidades de almacenamiento.
- **Descentralizados o Aislados:** Se caracterizan principalmente por ser sistemas fotovoltaicos pequeños que se utilizan para abastecer de forma totalmente autónoma a una unidad de vivienda o industria, estos cuentan por regla general con baterías para almacenar el excedente de energía generada en tiempos óptimos y así lograr abastecer la red en los momentos donde no se cuente con luz solar o las condiciones para la generación no sean óptimas.
- **Híbridos:** Caracterizados por poseer la capacidad de autoabastecer el circuito principal al cual se encuentran conectados y en caso de generar un excedente de energía lo proceden a almacenar en las baterías del circuito (si cuentan con estas) o lo cargan al sistema general del país o la región donde se ubican, en caso de que se presente un faltante en la capacidad del circuito que abastece el proyecto fotovoltaico el circuito se utiliza la energía faltante al sistema general.

Ilustración 3

Esquemas de Generación Energética Solar Fotovoltaica



Fuente. Esquemas de Generación de Energía Eléctrica en Sistemas Energéticos Solares Fotovoltaicos. <https://www.sunsupplyco.com/componentes-de-un-sistema-de-energia-solar/>

4.1.5 Ventajas y Desventajas de la Energía Solar

Según la Fundación Aquae (2021), entidad creada en el año 2013 con el fin de convertirse en un referente para el impulso del apoyo, progreso y expansión del conocimiento en los temas relacionados con el desarrollo modelos adecuados y sostenibles con las personas, su entorno, el medio ambiente y sus recursos, los principales factores que aventajan la energía solar frente a otras fuentes energéticas son:

- Ser una energía limpia que genera una mínima huella de carbono y solamente genera gases de invernadero durante la fabricación de los paneles solares, durante su uso son nulos los residuos que genera al medio ambiente.
- La posibilidad de crear proyectos energéticos descentralizados e independientes con una nueva fuente energética, generando así una seguridad energética mayor al no depender de recursos externos.
- No requerir del uso de combustibles fósiles ni la extracción constante de recursos naturales.
- Ser una fuente energética económica, puesto que su inversión inicial se recupera rápidamente durante los primeros años de funcionamiento del proyecto.
- Es la única de las FNCER que posee la capacidad de convertirse de forma inmediata en energía térmica (Aumentar la temperatura).
- Ser una fuente energética basada en un recurso renovable y sostenible.

- Luz solar abundante y disponible en todas las regiones, inclusive de aquellas zonas retiradas de los sistemas energéticos interconectados.

De igual forma, la Fundación Aquae (2021) recalca las limitaciones que aún posee a hoy en día la energía solar:

- La inversión inicial para el montaje del sistema es alta en comparación con otras fuentes energéticas, sin embargo, cuando se coloca en marcha el proyecto la energía solar generada es económica compensando la inversión inicial.
- El rendimiento de los sistemas energéticos solares es muy volátil y susceptibles debido a que depende directamente de diferentes variables atmosféricas.
- La gran cantidad de desechos tóxicos y gases de invernadero que se generan durante la producción de los paneles solares.
- En zonas con altos niveles de contaminación como las principales ciudades capitales y parques industriales, las partículas no permiten que los rayos solares ingresen de forma adecuada, disminuyendo la capacidad de generación de energía.
- Los sistemas de almacenamiento a los que se debe recurrir por los posibles factores atmosféricos adversos y la oscuridad de la noche.

4.2 Marco Teórico

4.2.1 Proyecto

Para el Project Management Institute [PMI] (2021) un proyecto es un “esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (p. 251). Todo proyecto se encuentra conformado por fases, en cada una de ellas se realizan un grupo de actividades específicas que cumplen un fin único, todas se encuentran enfocadas a lograr el objetivo específico de la etapa y así cumplir con el objetivo general que tiene el proyecto que integran; por lo general, cada fase culmina cuando se realiza la finalización o entrega del(los) entregable(s) (P 20).

Para Sapag (2007), como se citó en Moreno et al. (2018) define a un proyecto como:

la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendiente a resolver una necesidad humana.

Los proyectos surgen como respuesta a una necesidad, pueden estar enfocados a darle solución a un problema o permitirle a una organización aprovechar una oportunidad. Un proyecto pretende satisfacer con su resultado a un individuo o a una comunidad. El lanzamiento de un nuevo producto, la ejecución de una estrategia, la implementación de una nueva tecnología, son ejemplo de lo que se puede considerar como un proyecto. (p. 19)

Por su parte, Escudero (2004), como se citó en Córdoba (2011), considera que un proyecto de inversión:

Es una propuesta técnica y económica para resolver un problema de la sociedad utilizando los recursos humanos, materiales y tecnológicos disponibles, mediante un documento escrito que comprende una serie de estudios que permiten al inversionista saber si es viable su realización. (p. 2)

4.2.2 Ciclo del Proyecto

Méndez (2020) en el libro “Formulación y Evaluación de Proyectos, Enfoque para Emprendedores” indica que la gerencia en los proyectos es un eje fundamental que se debe encontrar en cada una de las etapas que lo conforman; la importancia de este elemento en la gestión de proyectos radica principalmente por dos factores, el primero de ellos es donde recalca la importancia de determinar por medio de la gerencia el alcance de cada una de las etapas para así controlar de forma ideal los recursos económicos, humanos y de tiempo con los que se cuentan; por otra parte, se cuenta con la necesidad de contar con una visión panorámica y general del proyecto a lo largo de su vida y en cada una de las etapas se vaya ajustando a medida que avancen para así lograr encaminar y engranar de forma correcta cada una de las etapas con la finalidad de lograr cumplir con los objetivos, los tiempos y el óptimo uso de los recursos asignados en cada una de las actividades y/o etapas.

Según Lledó y Rivarola (2007) el ciclo de vida son un conjunto de fases en las que se divide el proyecto con el objeto de hacer más eficiente la administración y el control, cada proyecto en particular puede tener un ciclo de vida diferente (p. 5). Cada fase del proyecto se considera completa cuando finaliza la producción de entregables, estos, son los bienes o servicios claramente definidos que se producen durante el proyecto (pp. 5-6).

De acuerdo con Gray y Larson (2009) el ciclo de vida es una manera de administrar e ilustrar la naturaleza del trabajo en un proyecto. El ciclo de vida reconoce que los proyectos tienen un alcance limitado de vida, distribuido generalmente de forma secuencial en cuatro etapas: definición, planeación, ejecución y entrega. En la práctica, algunos grupos de proyecto utilizan el ciclo de vida del proyecto para representar la calendarización de las tareas más importantes en la vida del proyecto (pp. 7-8).

4.2.3 Gerencia de Proyectos

La gerencia o administración de proyectos, de acuerdo con López y Lanckenau (2017), se puede representar como un conjunto de cinco procesos principales: la planeación, organización, ejecución, control y cierre de las actividades y los recursos involucrados en el proyecto (pp. 45-46).

Otros autores han afirmado lo siguiente:

El término de gerencia de proyectos hace referencia a todas las actividades que se adelantan en la etapa de ejecución del proyecto, que por la magnitud de las inversiones, por la participación de un número creciente de contratistas animados por el cumplimiento de sus respectivos compromisos, por la diversidad y complejidad de las acciones que se realizan y la secuencia de las mismas, determinan la generación permanente de conflictos entre los diferentes actores, lo cual advierte la necesidad de instaurar un modelo gerencial que dirija y coordine las diferentes actividades encaminadas a garantizar la entrega oportuna del proyecto dentro de las especificaciones de alcance, costo y calidad. (Miranda, 2004, como se citó en Moreno et al., 2018, p. 21)

Gido y Clements (2012) consideran que la gerencia de proyectos:

Es la planeación, organización, coordinación, dirección y control de los recursos para lograr el objetivo del proyecto. El proceso de administración de proyectos consiste en planear el trabajo y luego trabajar el plan. El proceso de administración de proyectos implica dos funciones principales: primero establecer un plan y luego ejecutarlo para lograr el objetivo del proyecto. En cuanto el patrocinador ha preparado la cédula del proyecto para autorizar que éste siga adelante, el esfuerzo principal en la administración

de proyectos debe centrarse en establecer un plan inicial realista que proporcione un plan de acción para completar el alcance a tiempo y dentro del presupuesto. (pp. 14-16)

4.2.4 Metodologías en los Proyectos

En la actualidad para la estructuración, gestión y desarrollo de proyectos se cuenta con una gran diversidad de metodologías que fundamentalmente se caracterizan por ser una guía que usan los expertos en el tema para contar con un paso a paso en las diferentes etapas de los proyectos y así lograr disminuir en cierto nivel el factor de riesgo e incertidumbre que existe en todo proyecto, por medio del uso de herramientas e instrumentos previamente diseñados.

El PMI en su PMBOK® define las metodologías de proyectos como un “Sistema de prácticas, técnicas, procedimientos y reglas utilizado por quienes trabajan en una disciplina” (PMBOK® SEXTA EDICIÓN). Estas se dividen en dos grandes grupos, las mayormente utilizadas y con más historia que son las denominadas como convencionales y las novedosas e innovadoras conocidas en el mundo de los proyectos como las ágiles.

4.2.4.1 Metodología PMI. El Project Management Institute (PMI), por medio de la séptima edición de su publicación estrella sobre proyectos, la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos y el Estándar para la Dirección de Proyectos (PMBOK®), proporciona una base informativa con estándares, pautas y normas para la gestión de proyectos independientemente del sector, ubicación, tamaño o enfoque de la entrega.

Las secciones en las que se divide el PMBOK® se encuentran expuestas con mayor profundidad en el capítulo 12 (Relación y Comparación de las Metodologías) del presente documento, se compone de principios generales que orientan el comportamiento de los profesionales en el área de proyectos, de dominios de desempeño o grupos de actividades fundamentales para el logro de los resultados del proyecto y de unos grupos de procesos que interactúan en cada fase del ciclo de vida del proyecto.

4.2.4.2 Metodología PRINCE2. Projects in a Controlled Environment o proyectos en un entorno controlado (PRINCE2) es una metodología estructurada para la gestión de proyectos, diseñada por el gobierno de Londres en 1989 como un instrumento enfocado originalmente en el área de sistemas de la información, evolucionó a tal punto que a pocos años de su creación se

convirtió en una metodología aplicable a cualquier proyecto sin importar su tipo, organización, ubicación geográfica o cultura en diferentes países del mundo.

PRINCE2 maneja sus propios principios sobre las buenas prácticas para la gestión eficiente de los proyectos, adopta unos niveles de gestión de forma jerárquica sobre los roles del equipo de trabajo del proyecto y sus responsabilidades, abarca unas temáticas fundamentales para la aplicación eficiente de la metodología y establece los procesos junto a las actividades específicas asociadas a cada uno de ellos que se deben aplicar a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

4.2.4.3 Metodología SCRUM. La guía para el cuerpo de conocimiento de SCRUM (guía SBOK), inicialmente creada para proyectos relacionados con el desarrollo de software, es una metodología que se ha logrado posicionar como una base para la gestión de proyectos de amplia utilidad para el desarrollo ágil de portafolios, programas o proyectos de cualquier tipo de industria, tamaño o complejidad.

SCRUM al igual que las otras dos metodologías, domina unos principios que orientan la gestión de los proyectos de acuerdo a su enfoque ágil, unos ejes temáticos sobre los cuales se fundamenta su filosofía de trabajo y los procesos con sus respectivas actividades necesarias para llevar a cabo la gestión del proyecto basada en esta metodología.

4.2.5 Lineamientos

Una guía técnica elaborada por la Procuraduría Federal del Consumidor [PROFECO] de México, afirma lo siguiente respecto al concepto de lineamientos:

El objetivo de un lineamiento es describir las etapas, fases, pautas y formatos necesarios para desarrollar una actividad o cumplir con uno o varios objetivos.

Los lineamientos se deberán desarrollar en base al campo de acción sobre el cual tendrán injerencia. Así mismo, deberán mostrar los límites de aplicación (inicio y término de actividades), responsabilidades y funciones involucradas. (PROFECO, 2021, pp 25)

El Departamento Administrativo de Presidencia de la República [DAPRE] (2022) plantea que los lineamientos son “un documento en el cual se establecen directrices específicas o

políticas internas asociadas a un tema, proceso o método en particular. Características del lineamiento:

- Son de obligatorio cumplimiento.
- Dan pautas para la toma de decisiones.
- Incluyen definiciones.” (p. 5)

Desde la posición del DNP (2022) los lineamientos componen los procedimientos que describen una forma específica para llevar a cabo actividades de un proceso, es decir, son las directrices generales para el desarrollo de un procedimiento. Son reglas, normas o políticas de operación que se determinan para facilitar la toma de decisiones (pp. 4-6).

4.2.6 Energía

Según la Fundación Endesa (s.f.) “La Energía es la capacidad de los cuerpos para realizar un trabajo y producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos”. De igual forma Fundación Endesa indica que esta cuenta con cuatro propiedades básicas, las cuales son: Transformarse, conservarse, transferirse y degradarse; por ello la energía nunca se destruye, simplemente cambia su forma de manifestarse. Estos cambios generan que existan diferentes tipos de energías, dentro de los cuales se encuentra la energía eléctrica.

4.2.6.1 Energía Eléctrica. ESSA (s.f.) determina a la Energía Eléctrica como aquella que se produce a partir de la presencia de cargas positivas y negativas en la materia, las cuales se neutralizan. Este tipo de energía es muy conocido y utilizado en la sociedad debido a la facilidad con la que cuenta para transformarse; lo cual, la favorece para su uso en una gran variedad de aplicaciones. Siendo así, uno de los principales elementos para el sustento y desarrollo de la humanidad.

Por otra parte, para el Banco Bilbao Vizcaya Argentaria [BBVA] (2021)

“La Energía Eléctrica se origina de la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos determinados, que se ponen en contacto a través de un transmisor eléctrico. Este contacto genera una corriente eléctrica basada en la transmisión de cargas negativas (llamadas, más comúnmente, electrones) hasta su punto de consumo”.

En la actualidad y a raíz de diversos factores; la energía eléctrica en el mundo, en Colombia y en el Departamento del Huila se obtiene a partir de las denominadas Fuentes Convencionales de Energía, según la UPME estas son aquellas que se utilizan de forma intensiva y son las que mayor porcentaje de comercialización y participación poseen en el país.

XM (2021) indica que las fuentes convencionales de energía además de liderar el mercado energético colombiano con un 98.46% conforme lo indicado en el informe general del mercado energético colombiano, se caracterizan en gran medida por hacer un uso masivo e indiscriminado de los recursos naturales que en su mayoría son limitados y no renovables; lo que genera grandes impactos ambientales y sociales. De allí la importancia que ha tomado en el mundo y en Colombia la denominada Transición energética, que consiste en aumentar los niveles de participación de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) en la Matriz Energética Colombiana y el Sistema Interconectado Nacional (SIN), CELSIA Indica que el SIN es un compuesto creado por el gobierno nacional en los años 60 en donde se integran todos los componentes mediante los cuales fluye la energía eléctrica (Líneas de transmisión / Subestaciones) en Colombia desde las centrales de generación hasta los puntos de consumo, para así asegurar el fluido eléctrico en todo el territorio nacional las 24 horas del día.

4.2.6.2 Fuentes no Convencionales de Energía Renovable (FNCER). Para la UPME, las FNCER son aquellas basadas en recursos que se encuentran disponibles a nivel mundial, son sostenibles desde el punto de vista ambiental y su uso y comercialización es mínimo o nulo, con base en el informe general del mercado energético colombiano estas fuentes poseen solamente un 1.54% de participación. Las principales FNCER son la energía basada en biomasa, la energía geotérmica, La energía hidráulica, la energía eólica y la energía solar, siendo estas dos últimas las que mayor porcentaje de participación han tomado en Colombia durante los últimos años dentro de las FNCER.

4.2.6.3 Energía solar. La energía Solar “Es una energía renovable obtenida a partir de la radiación solar. Se trata de una energía renovable porque se obtiene de una fuente natural e inagotable, en este caso el Sol” (E4e Soluciones, 2020); El Sol

“Es una esfera de gases inmensamente calientes que emana energía constante al exterior, su masa representa el 99.86% del total del sistema solar, es una esfera 109 veces el

diámetro de la tierra, 70% de su peso es hidrogeno, 28% es helio, 1.5% es carbono, nitrógeno y oxígeno y el 0.5% restante son otros elementos.

Su energía viene de reacciones termonucleares que ocurren en su centro, donde la temperatura es entre 15 y 25 millones de grados centígrados” (Frías, 2012).

Factorenergía (2021) indica que existen diferentes tipos de energía solar, su diferencia radica fundamentalmente del procesamiento que el ser humano le realice a la energía emitida por el sol al momento de recepcionarla, esta se puede clasificar en Energía Solar Fototérmica y Energía Solar Fotovoltaica.

En Colombia y el mundo, la Energía Solar FV es una de las FNCER que mayor relevancia ha tomado en el sector y esta

“Es una fuente de energía renovable que se obtiene directamente de la radiación solar mediante un panel solar que a su vez la transforma en energía eléctrica.

El proceso comienza cuando la luz solar cae sobre una de las caras de una célula fotoeléctrica, que componen los paneles solares, y se produce un diferencial de potencial eléctrico entre ambas caras haciendo que los electrones salten de un lugar a otro, generando así corriente eléctrica que luego se transporta hasta la red de distribución para llegar hasta los puntos de consumo.” (ENEL, 2018).

Según diversos estudios e investigaciones y como lo indico Benavides en el 2017; para la estructuración, desarrollo y gestión de Proyectos Energéticos Solares, se requiere de la óptima correlación de tres variables ambientales:

1. Intensidad de Radiación Solar (kWh/m²).
2. Promedio de Horas de Sol al Día (hSd).
3. Promedio del Número de Días al Mes con Brillo Solar.

El IDEAM (s.f.) define a la Radiación Solar como aquella energía que genera el sol y se propaga en todas las direcciones del espacio a través de ondas electromagnéticas; esta es caracterizada por ser el motor en lo relacionado con los procesos atmosféricos y climáticos. La radiación solar que llega a la superficie terrestre surge de forma previa un proceso de debilitamiento al momento de entrar a la atmosfera debido a la dispersión, reflexión y absorción.

4.2.6.4 Proyectos Energéticos Solares Fotovoltaicos. Los diferentes tipos de proyectos energéticos solares fotovoltaicos se diferencian fundamentalmente en el tamaño de cada uno y el destino que toma la energía generada en las instalaciones de cada proyecto; Roldán (2005) los clasifica en tres grandes grupos: el primero son aquellos que poseen Instalaciones Fotovoltaicas Aisladas y se caracterizan por no encontrarse conectadas a la red pública y su fin principal es satisfacer la demanda energética de una residencia o comunidad específica; las segundas son las Instalaciones Fotovoltaicas Conectadas A La Red, cuyo objetivo es generar la mayor cantidad de energía posible según sea su capacidad, para así subirla a la red de energía pública quien se encarga de distribuirla a los usuarios finales; por último se encuentran las Instalaciones Fotovoltaicas Híbridas, que combinan las dos clases de instalaciones fotovoltaicas anteriores. Este tipo de sistemas hace uso de una red interna para suplir la demanda energética de una unidad en específico, pero se apoya en una red pública o en una fuente alterna (Motores Diesel/Aerogeneradores) para suplir la demanda de dicha unidad en caso de que supere la capacidad de generación del sistema o la capacidad de captación y generación del sistema se vea afectada.

Los proyectos energéticos de esta clase, se encuentran conformados por Sistemas Fotovoltaicos que son “El conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar” (Perpiñán, 2020). Según Solarama (2021), quien es un mayorista de energía solar y sistemas fotovoltaicos en México, para la generación de energía eléctrica por medio de estos sistemas, se debe contar con los siguientes componentes:

Tabla 3
Componentes de los Sistemas Energéticos Fotovoltaicos

Componente	Función
Panel Solar	Recibir la energía solar por medio de Células Fotovoltaicas “Dispositivos electrónicos que transforman la energía luminosa, la luz, en electricidad; absorben los fotones de la radiación solar para liberar electrones que pueden utilizarse en una corriente eléctrica” (Ledsolar, 2019).

Componente	Función
Acumulador / Batería	Guardar o almacenar la Energía Continúa generada por los paneles solares mientras exista escases de luz solar.
Regulador de Carga	Administrar la energía almacenada en el acumulador / batería, con la finalidad de que este no se descargue y se llegue a presentar una falta de electricidad o sobrecarga en el sistema.
Inversor	Convertir de la Energía Continua proveniente del regulador de carga a Energía Alterna.
Medidor Bidireccional	Calcular el consumo de energía.

Fuente. Elaboración propia. Basado en la información de “Conoce qué son los sistemas fotovoltaicos y su función”, por Solarama (2021).

En Colombia para la estructuración de este tipo de proyectos energéticos, además de evaluar los aspectos ambientales y técnicos indicados anteriormente, también se deben valorar y analizar los aspectos legales y normativos controlados por los agentes reguladores del sector energético Colombiano, como lo son: El MINMINAS, quien tiene la misión de “Formular y adoptar políticas dirigidas al aprovechamiento sostenible de los recursos mineros y energéticos para contribuir al desarrollo económico y social del país”, la CREG que “Regula los servicios públicos de energía eléctrica, gas combustible y combustibles líquidos promoviendo la disponibilidad de una oferta suficiente y confiable para atender de manera satisfactoria y eficiente las necesidades de los usuarios, en armonía con la política pública”, la UPME (2016) que tiene como objetivo principal “Planear en forma integral, indicativa, permanente y coordinada con los agentes del sector minero energético, el desarrollo y aprovechamiento de los recursos mineros y energéticos; producir y divulgar la información requerida para la formulación

de política y toma de decisiones” (p. 5), y la empresa XM, quienes son los encargados de operar el SIN y administrar el MEM.

Además de evaluar y tener en cuenta las regulaciones nacionales, también se deben considerar las medidas regionales, en este caso aquellas manejadas por la Gobernación del Departamento del Huila, ELECTROHUILA es la encargada de la comercialización y distribución de la energía eléctrica en el Departamento del Huila y las zonas aledañas, y la CAM que tiene como propósito “Ejecutar la política ambiental bajo criterios de sostenibilidad, equidad y participación ciudadana con el fin de administrar eficientemente el medio ambiente y los recursos naturales renovables”.

4.3 Marco Normativo

Tabla 4

Normativa relacionada a la Energía Eléctrica en Colombia

Denominación de la norma	Objetivo de la norma
Ley 697 de 2001 (Artículos 1, 2, 4 y 8)	Se declara al Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, para asegurar el abastecimiento energético, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales, sostenibles con el medio ambiente y los recursos naturales. Además, es responsabilidad del Estado crear la estructura legal, técnica, económica y financiera necesaria para lograr el desarrollo de proyectos, mientras que el Ministerio de Minas y Energía debe administrar los programas de uso racional y eficiente de la energía, diseñar estrategias para la educación y fomento del URE dentro de la ciudadanía, con base en campañas de información en medios de comunicación y otros canales idóneos.

Denominación de la norma	Objetivo de la norma
Ley 1450 del 2011 (Artículos 1 y 105)	De acuerdo con esta ley, según indica el Plan Nacional de Desarrollo y Plan de Inversiones 2011-2014, el Gobierno Nacional diseñará e implementará una política nacional encargada de fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación en las energías alternativas ambientalmente sostenibles y otra política nacional orientada a valorar el impacto del carbono en los diferentes sectores y a establecer estímulos y alternativas para reducir su huella en el país.
Ley 1715 de 2014 (Artículos 1, 6, 11, 19)	Se tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las Fuentes No Convencionales de Energía en el SIN, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas (ZNI) 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; además, le corresponde al ministerio de minas y energía expedir los lineamientos de política energética para la entrega de excedentes de autogeneración a pequeña y escala en el SIN. Dicha promoción se realiza mediante los incentivos otorgados a las personas que invierten en el sector y deban declarar renta, las cuales tendrán derecho a deducir de su renta, en un período no mayor de 15 años, contados a partir del año gravable siguiente en el que haya entrado en operación la inversión, el 50% del total de la inversión realizada. Otros incentivos son la exclusión de IVA a los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la pre inversión, inversión, producción y utilización de energía partir de las fuentes no convencionales y la exención del pago de

Denominación de la norma	Objetivo de la norma
	<p>los Derechos Arancelarios a dichos elementos que no sean producidos por la industria nacional y su único medio de adquisición esté sujeto a su importación.</p> <p>El Gobierno Nacional incentivará el uso de la generación fotovoltaica como forma de autogeneración, y, a través de los Ministerios de Minas y Energía, de Vivienda y de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se fomentará el aprovechamiento del recurso solar en proyectos de urbanización municipal o distrital, en edificaciones oficiales, en los sectores industrial, residencial y comercial.</p>
Decreto 2469 de 2014 (Artículo 2)	<p>Los Autogeneradores a Gran Escala estarán obligados a suscribir un contrato de respaldo con el operador de red o transportador al cual se conecten. Los operadores de red o transportadores, diseñarán estos contratos y deberán publicarse en las páginas web de la respectiva empresa. La CREG dará los lineamientos y contenido mínimo de estos contratos y establecerá la metodología para calcular los valores máximos permitidos en las metodologías tarifarias para remunerar la actividad de distribución y transmisión.</p>
Decreto 2492 de 2014 (Artículos 1 y 3)	<p>La CREG diseñará los mecanismos necesarios para que los usuarios puedan ofertar reducciones o desconexiones de demanda en el mercado mayorista con el objetivo de dar confiabilidad al SIN, respaldar Obligaciones de Energía Firme, reducir los precios en la Bolsa de Energía y los costos de restricciones.</p>

Denominación de la norma	Objetivo de la norma
Decreto 1073 de 2015	<p>De acuerdo con este decreto, El Ministerio de Minas y Energía tiene como objetivo formular, adoptar, dirigir y coordinar las políticas, planes y programas del Sector de Minas y Energía. En el TÍTULO III SECTOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA, CAPÍTULO 2, se define el rol y las actividades a cargo del sector eléctrico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generación, transmisión, distribución y comercialización. • Políticas y directrices relacionadas con el aseguramiento de la cobertura del servicio de electricidad. • Procedimiento para la contratación de áreas de servicio exclusivo para la prestación del servicio público de energía eléctrica en las ZNI. • Lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración. • Políticas generales en relación con la actividad de comercialización del servicio de energía eléctrica.
Decreto 1623 de 2015	<p>Se modifica el Decreto 1073 de 2015, en lo establecido en los temas de lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas.</p>
Resolución 41012 de 2015	<p>Se expide el Reglamento Técnico de Etiquetado - RETIQ, el cual tiene por objeto establecer medidas tendientes a fomentar el Uso</p>

Denominación de la norma	Objetivo de la norma
	Racional y Eficiente de la Energía (URE), en productos que usan Energía Eléctrica y Gas Combustible, mediante el establecimiento y uso obligatorio de etiquetas que informen sobre el desempeño de los equipos en términos de consumo energético e indicadores de eficiencia.
Decreto 2143 de 2015	<p>En este decreto se trata a profundidad sobre los incentivos establecidos por la ley 1715 de 2014 para fomentar la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía y la eficiencia energética, cuyas secciones se dividen en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La deducción especial sobre el impuesto de renta y complementarios. • La exclusión del IVA. • Exención de gravamen arancelario. • Régimen de depreciación acelerada. • Adecuación de trámites.
Resolución 0281 de 2015 (Artículo 1)	Se define que el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala será de un (1) MW y corresponderá a la capacidad instalada de dicho sistema, una potencia de autogeneración mayor a ese límite se considera de gran escala.
Resolución CREG 024 de 2015 (Artículo 4)	Se establece que el contrato de conexión entre el transmisor o distribuidor y el autogenerador a gran escala se acordará libremente entre las partes.

Denominación de la norma	Objetivo de la norma
Resolución 1283 de 2016	Se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones para obtener los beneficios tributarios de la deducción especial de renta y complementarios o la exclusión del IVA en proyectos de FNCE y gestión eficiente de la energía.
Decreto 348 del 2017	Por el cual se adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala.
Resolución 201 De 2017	Por la cual se modifica la Resolución CREG 243 de 2016, que define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas.
Resolución 585 De 2017	Por la cual se establece el procedimiento para conceptuar sobre los proyectos de eficiencia energética/gestión eficiente de la energía que se presenten para acceder al beneficio tributario de que trata el literal d) del artículo 1.3.1.14.7 del Decreto 1625 de 2016; con sus respectivas modificaciones.

Denominación de la norma	Objetivo de la norma
Decreto 1543 de 2017	Se reglamenta el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE), este tendrá como objetivo financiar programas de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE) y gestión eficiente de la energía, a través de su fomento, promoción, estímulo e incentivo.
Resolución 1988 de 2017	Adoptar y fijar metas ambientales para el desarrollo de proyectos energéticos con fuentes alternativas; por medio del Plan de Acción Indicativo (PAI) 2017 – 2022 para el desarrollo del Uso Racional y Eficiente de la Energía PROURE.
Resolución 2000 del 2017	Por la cual se establece la forma y requisitos para presentar ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), las solicitudes de acreditación para obtener la exclusión del impuesto sobre las ventas de que tratan los artículos 424 numeral 7 y 428 literal f) del Estatuto Tributario y se dictan otras disposiciones.
Resolución 41407 de 2017	Se reglamenta el Manual Operativo de FENOGE, entre las principales acciones a realizar en este manual se encuentran: <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="659 1577 1377 1829">• Financiar planes, proyectos y/o programas que promuevan, estimulen o fomenten el desarrollo y la utilización de las FNCE, para la diversificación del abastecimiento energético, la competitividad de la economía colombiana, la protección del ambiente, el

Denominación de la norma	Objetivo de la norma
	<p>uso eficiente de la energía y la preservación y conservación de los recursos naturales renovables.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incentivar una mayor penetración de las FNCE, así como procesos de gestión eficiente de la energía en las ZNI. • Lograr la interacción de varios actores entre los cuales está el sector público, privado, la academia, los gremios, la banca local, banca internacional, banca multilateral y los organismos internacionales, en términos de financiación, cooperación, asistencia técnica y de aporte de recursos, entre otros. • Realizar seguimiento a los planes, programas y proyectos implementados.
Resolución CREG 015 del 2018	Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional.
Resolución CREG 030 del 2018 (derogada por la Resolución CREG 174 del 2021)	Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional; los pequeños autogeneradores son aquellos que posee una capacidad de 0,1 MW a 1 MW y los grandes auto generadores son los que poseen la capacidad de generar entre 1 MW y 5 MW.
Resolución CREG 038 del 2018	

Denominación de la norma	Objetivo de la norma
	Por la cual se regula la actividad de autogeneración en las zonas no interconectadas y se dictan algunas disposiciones sobre la generación distribuida en las zonas no interconectadas.
Resolución 40531 de 2018	Se efectúa la delegación interna de las funciones en relación con la administración de los recursos de FENOGE.
Decreto 0570 de 2018	Se adiciona una sección al capítulo 8 del Título III del Decreto 1073 “Lineamientos de política pública para la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica”, cuyo objeto es establecer los lineamientos para definir e implementar un mecanismo que promueva la contratación de largo plazo para los proyectos de generación de energía eléctrica y que sea complementario a los mecanismos existentes en el mercado de energía mayorista.
Resolución 1303 de 2018	Se adicionan otros requisitos específicos para la solicitud de la obtención de la certificación de beneficios ambientales para la deducción especial de renta y complementarios, además de los expuestos en la Resolución 1283.
Resolución 40807 de 2018	Se adopta el “Plan Integral de Gestión del Cambio Climático para el Sector Minero-Energético (PIGCCM-E)”, este tiene como objetivo la reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático y la promoción de un desarrollo bajo en carbono a nivel sectorial,

Denominación de la norma	Objetivo de la norma
	<p>fortaleciendo y protegiendo la sostenibilidad y competitividad de la Industria, a través de este instrumento el Ministerio de Minas y Energía identifica, evalúa y orienta la Incorporación de estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) y de adaptación al cambio climático en la planeación sectorial.</p>
<p>Resolución 40779 de 2019</p>	<p>Se adopta el Plan de Expansión de Referencia Generación - Trasmisión 2017-2031, el cual establece mediante escenarios el desempeño del sistema eléctrico colombiano, determinando la expansión de la generación necesaria para lograr el abastecimiento eléctrico del país, bajo las condiciones de evolución del SIN y variables como la demanda de energía y potencia, la disponibilidad de recursos energéticos, disponibilidad y costos de los combustibles, así como de la fecha de entrada en operación de los proyectos que actualmente están en construcción.</p>
<p>Ley 1955 de 2019 (Artículos 174 y 175)</p>	<p>Por el cual se expide el plan nacional de desarrollo 2018-2022 pacto por Colombia, pacto por la equidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • A. 174. Incentivos a la generación de energía eléctrica con fuentes no convencionales - FNCE. modifíquese el artículo 11 de la ley 1715 de 2014. • A. 175. Partidas arancelarias para proyectos de energía solar.
<p>Decreto 829 del 2020</p>	<p>Por el cual se reglamentan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014, se modifica y adiciona el Decreto número 1625 de</p>

Denominación de la norma	Objetivo de la norma
	2016, Único Reglamentario en Materia Tributaria y se derogan algunos artículos del Decreto número 1073.
Resolución 203 de 2020 (Artículos 1, 4, 5, 7 y 8)	Se establecen los requisitos y el procedimiento a través del cual la UPME evaluará las solicitudes y emitirá los certificados que permitan acceder a los beneficios tributarios a inversiones en investigación, desarrollo o producción de energía a partir de FNCE. Se describen los requisitos para solicitar la certificación, se establece el procedimiento para solicitar la certificación, se especifica el alcance y la vigencia del certificado emitido por la UPME.
Resolución 40193 de 2020	Se adopta un complemento al Plan de Expansión de referencia Generación - Transmisión 2019 – 2033, con una nueva obra en bolívar (proyecto Carreto 500 kV), Modificación del proyecto Hispania 230 kV por Carrieles 230 kV en Antioquia y Modificación de la fecha de entrada en operación de la Subestación Pacífico 230 kV en Valle del Cauca.
Resolución 40296 de 2020 (Artículo 1)	Se define de manera transitoria el mecanismo por medio del cual se otorgarán subsidios del 86% a los usuarios residenciales de estrato uno para el servicio público de energía eléctrica en las ZNI, prestado mediante sistemas solares fotovoltaicos individuales AC con potencia mayor a 0,5 kW, con almacenamiento.

Denominación de la norma	Objetivo de la norma
Resolución 40104 de 2021	Se modifican algunos elementos del Manual Operativo de FENOGE expedido en el 2017.
NTC 2050	Código Eléctrico Colombiano, en esta norma Técnica se trata a detalle los conceptos y requisitos establecidos para los diferentes tipos de instalaciones eléctricas residenciales, comerciales e industriales.
NTC 2775	Energía Solar Fotovoltaica Terminología Y Definiciones. En este documento técnico se establecen las principales definiciones utilizadas en las normas técnicas relativas a energía solar fotovoltaica.
Resolución CREG 075 del 2021	Por la cual se definen las disposiciones y procedimientos para la asignación de capacidad de transporte en el Sistema Interconectado Nacional.
Resolución CREG 174 del 2021	Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional.
Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. En este Decreto se describe el proceso requerido para expedir la Licencia Ambiental de los proyectos.

Fuente. Elaboración propia. Basado en la Normatividad colombiana referente a la energía.

Según la normatividad colombiana, se puede apreciar el gran interés de los gobiernos desde hace ya varios años por la investigación, el desarrollo y la innovación de las fuentes alternativas de energía ambiental y económicamente sostenibles, capaces de abastecer de electricidad a todo el país mediante su integración al mercado eléctrico en el SIN y la participación en las zonas no interconectadas, para lo cual ofrece beneficios muy atractivos para los posibles inversionistas tanto nacionales como extranjeros que quieran desarrollar proyectos de generación de energía eléctrica a gran escala, e incluso se han tomado en cuenta a las poblaciones económicamente más vulnerables con incentivos para la autogeneración a pequeña escala.

Dentro de esta normatividad, además, se puede identificar la existencia de algunas condiciones que deben seguir los autogeneradores a gran escala para la contratación a largo plazo de los proyectos de generación de energía eléctrica y los requisitos específicos para solicitar la certificación de beneficios ambientales.

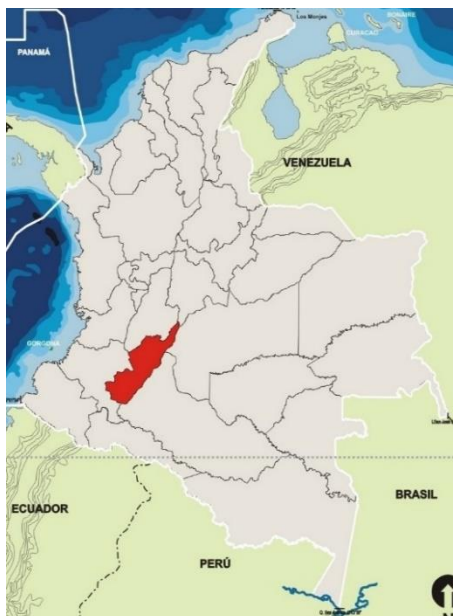
4.4 Marco Contextual Y Geográfico

El Departamento del Huila, cuya ciudad capital es el municipio de Neiva, es uno de los treinta y dos departamentos que conforman la República de Colombia. Se ubica en la región Andina de acuerdo con las divisiones territoriales de las Regiones naturales de Colombia y a su vez en la región centro-sur bajo efectos de funcionamiento del SGR. El Departamento, conformado por 1.009.548 habitantes según el último censo nacional realizado en el año 2018.

El Departamento tiene una superficie de 19.890 km² “dividida en 37 municipios, 4 corregimientos, 120 inspecciones de policía, así como también numerosos caseríos y sitios poblados” (Gobernación del Huila, 2017). Es, además, el séptimo departamento menos extenso de todo el territorio nacional, con aproximadamente el 1,75% de la superficie total del país. Limita al norte con los departamentos del Tolima y Cundinamarca, al sur con los departamentos del Cauca y el Caquetá, al oriente con los departamentos del Meta y Caquetá y al oriente con los departamentos del Cauca y Tolima (Gobernación del Huila et al., como se citó en colombiamania.com, 2017).

Ilustración 4

Ubicación del Departamento del Huila en la geografía de Colombia



Fuente. Tomado del Contenido geográfico del Departamento del Huila, por Sociedad Geográfica de Colombia, 2011. www.sogeocol.edu.co/huila.htm

El Huila se caracteriza por su gran variedad de climas, relieves y pisos térmicos que lo dotan de una increíble versatilidad en el desarrollo de actividades económicas significativas para el país, entre las que se encuentra la generación de energía eléctrica, cuya mayor participación se deriva de las grandes hidroeléctricas construidas en las últimas décadas. Esta diversidad geográfica junto con el gran apogeo de las energías alternativas a nivel mundial, le abre las puertas al Departamento para que sus ventajas comparativas se puedan convertir en una fuente de energía significativa.

Tabla 5

Oferta Nacional de energía eléctrica Colombiana Interconectada al SIN

Productos de transformación (CT Centro de Transformación)	Valor en GWh (Gigavatios-hora)
CT Centrales Hidroeléctricas	49.837
CT Centrales Térmicas	18.503
CT Central Eólica	10

Productos de transformación (CT Centro de Transformación)	Valor en GWh (Gigavatios-hora)
CT Central Solar	191
CT Auto & Cogeneración	783
CT Centros Tratamiento de Gas	0
CT Refinerías	0
CT Coquerías	0
CT Carboneras	0
CT Plantas de Destilación	0
CT Plantas de Biodiesel	0
Insumos para Transformación	0

Fuente. Balance Energético Colombiano, por Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2021. <https://www1.upme.gov.co/informacioncifras/paginas/BECOENERGTICO.aspx>

Con respecto al tema de la energía solar específicamente, se ha podido analizar que el mayor rendimiento posible a este tipo de proyectos se da principalmente en los municipios de la subregión norte debido a que ciertos factores geográficos o condiciones climáticas son bastante favorables en esta zona, condiciones que se describen con mayor detalle a continuación:

4.4.1 Superficie territorial

Los proyectos de energía solar requieren del uso de elementos tecnológicos como por ejemplo las células fotovoltaicas, las cuales se agrupan en paralelo en un espacio geográfico determinado para su uso con el propósito de generar la mayor cantidad de energía posible, por tal motivo, la superficie disponible para la ejecución de este tipo de proyectos se convierte en un factor importante para evaluar su localización, siendo el escenario ideal desarrollar estos proyectos en los municipios del Departamento con territorios bastante amplios para poder ubicar la mayor cantidad posible de las células fotovoltaicas.

A partir de la información recopilada en el Censo Poblacional realizado en el año 2018 por el DANE, la subregión Norte del Departamento del Huila (municipios de Aipe, Algeciras,

Baraya, Campoalegre, Colombia, Hobo, Iquira, Neiva, Palermo, Rivera, Santa María, Tello, Teruel, Villavieja Y Yaguará) cuenta con la mayor superficie total, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6

Población y extensión territorial en km² de las subregiones del Departamento del Huila

Sub regiones del Huila	Población	Superficie (km²)
Centro	218.004	2.838
Occidente	102.402	2.591
Sur	293.112	4.238
Norte	583.563	10.323
Norte (sin contar al municipio de Neiva)	236.125	8.770

Fuente. Elaboración propia. Basado en los datos de “población y censos densidad de la población en el Departamento”, por Sistema de Información Regional (SIR) Huila, 2018.

De acuerdo con los datos recopilados en la anterior tabla, se puede considerar que la sub región Norte del Departamento incluso sin tener en cuenta a su ciudad capital Neiva, es la más atractiva para la construcción de proyectos basados en energía solar de gran envergadura gracias a la abundante superficie que posee en comparación a las demás sub regiones, llegando a ser varias veces más grande que las sub regiones del centro y el occidente.

Es importante mencionar que los municipios pertenecientes a esta área del Departamento son mayormente rurales y debido a complicadas dificultades geográficas ha sido complicado llevar redes eléctricas convencionales por el gran costo que tendría su instalación y operación; por tal motivo, la implementación de proyectos de energía solar en esta zona permitiría a la población disponer de mejores condiciones de vida al tener mejor acceso a la electricidad y generar un desarrollo productivo rentable para sus habitantes.

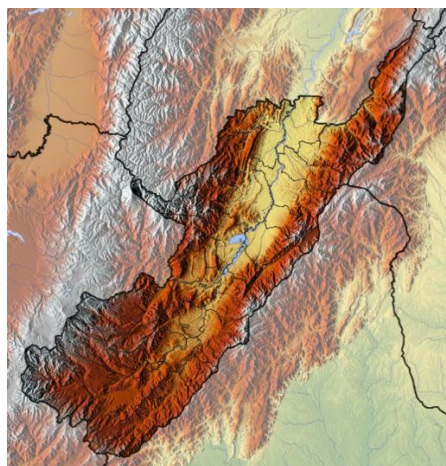
4.4.2 Relieve

Entre las unidades fisiográficas más relevantes que posee el Huila, se encuentran el Macizo Colombiano o también llamado la estrella fluvial de Colombia, lugar en donde la

cordillera de los Andes se bifurca en las cordilleras central y oriental, llegando a ocupar la mayor parte del territorio principalmente en la subregión sur del Huila; Además, la existencia de formaciones volcánicas dentro de estas cordilleras como el nevado del Huila o el volcán de Sotará, así como una gran cantidad de ríos (Cauca, Caquetá, Magdalena y Patía) y páramos (Cutanga, Las Papas, los picos de la Fragua y La soledad), hacen que la superficie de esta zona del Departamento no sea idónea para los proyectos de energía solar.

Por el contrario, en parte de la subregión central y mayormente en el norte, se encuentra la tercera gran unidad fisiográfica del Departamento conocida como el Valle del río Magdalena, en el cual, a diferencia de las mencionadas formaciones montañosas, se encuentran suelos mucho más planos, secos y áridos, los cuales facilitan enormemente la instalación de células fotovoltaicas y demás equipos. De acuerdo con este factor, los municipios con las condiciones más favorables serían Aipe, Baraya, Neiva, Palermo, Tello, Teruel, Villavieja y Yaguará.

Ilustración 5
Macizo Colombiano



Fuente. Mapa mundial geográfico, por maps for free, s.f. <https://maps-for-free.com/>

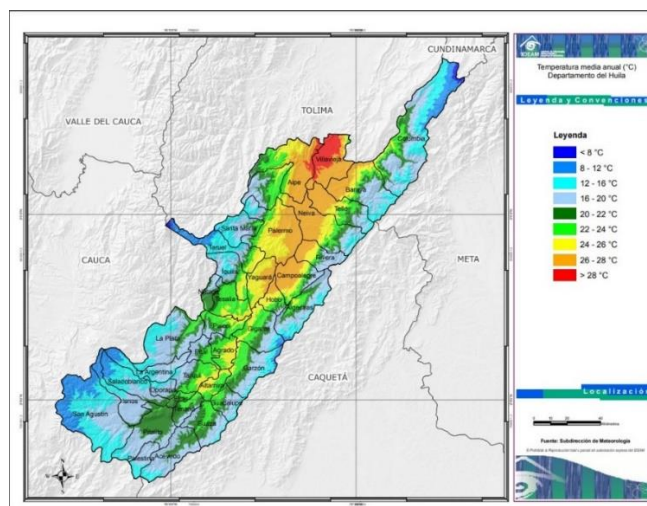
4.4.3 Temperatura

La gran variedad tanto de climas como de temperaturas en el Departamento del Huila es precisamente el resultado de la gran diversidad de altitudes y relieves que el mismo posee, hacia las cordilleras central y oriental se pueden encontrar climas templados o fríos cuyos rangos de temperatura se ubican entre los 18 a los 22 °C; mientras tanto, en el Valle del Magdalena los climas en general son bastante cálidos, con temperaturas que oscilan entre los 22 a los 28 °C,

siendo el desierto de la Tatacoa el punto con mayor temperatura en todo el Departamento con aproximadamente 35 °C.

Ilustración 6

Temperatura media anual en el Departamento del Huila



Fuente. Atlas Climatológico de Colombia, por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), s.f. <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/temperatura-huila.pdf>

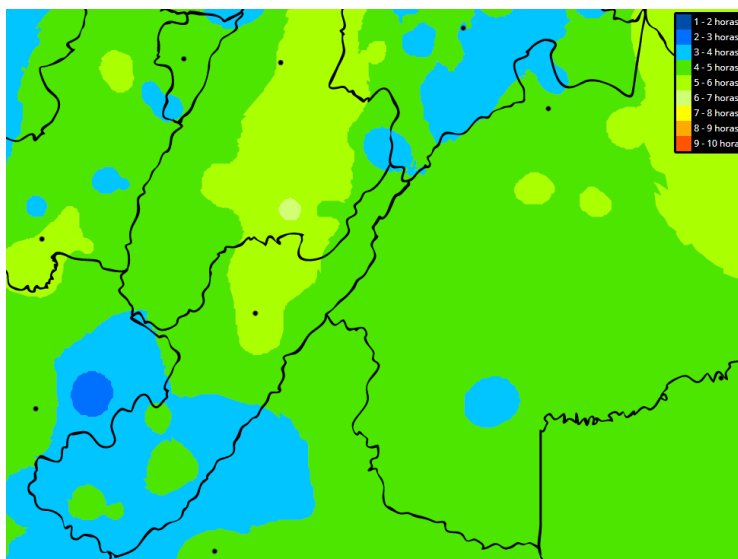
Los municipios con mayores rangos de temperatura en promedio anualmente como Aipe, Baraya, Campoalegre, Neiva, Palermo, Tello y en especial Villavieja, hacen parte nuevamente de la subregión Norte del Departamento.

4.4.4 Brillo solar

El brillo solar es una de las variables más importantes a la hora de evaluar si realmente se va a obtener un aprovechamiento eficiente de la energía solar, ya que esta mide la cantidad de horas en las que los rayos del sol reflejan directamente en la litosfera (Beltrán y POPSPR Huila, 2019), es decir que entre más horas de sol haya disponible al día, el aprovechamiento de esta fuente de energía será más fructífero.

Ilustración 7

Distribución del brillo solar diario en el Departamento del Huila



Fuente. Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia, por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), s.f.
<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

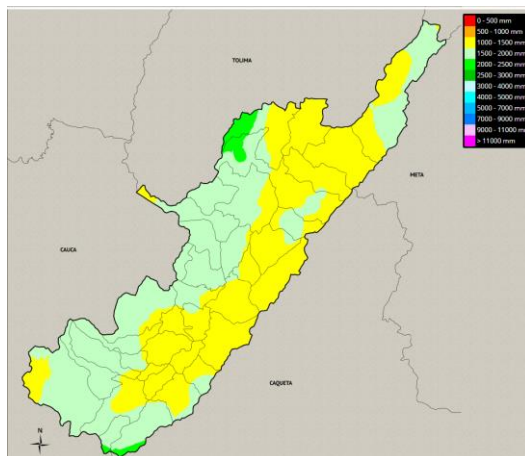
De acuerdo con la imagen anterior, los municipios de Aipe, Baraya, Palermo, Neiva, Tello y Villavieja tienen en promedio el mayor número de horas de brillo solar al día con un rango entre 5 a 6 horas, mientras que prácticamente el resto de municipios tiene solamente entre 3 – 5 horas diarias. Si bien se podría considerar que estos valores no son significativamente altos solamente hablando de los municipios relacionados, es importante mencionar que su rango hace parte de la media a nivel nacional y solo los departamentos del Atlántico, Bolívar, Cesar, La Guajira, Magdalena, Santander, Sucre y una pequeña parte de Norte de Santander alcanzan a tener valores máximos de 8 horas; por lo tanto, se puede considerar a estos puntos específicos del Departamento atractivos para el desarrollo de proyectos de energía solar.

4.4.5 Precipitación

Entendida por la RAE como el agua procedente de la atmósfera, y que en forma sólida o líquida se deposita sobre la superficie de la tierra; la precipitación juega un papel opuesto al brillo solar cuando se habla del aprovechamiento del potencial energético solar en un área geográfica, de tal forma que grandes volúmenes de aguas lluvias precipitadas y de manera constante tienen un efecto contraproducente para la generación de energía eléctrica a través de esta fuente renovable, disminuyendo la cantidad de horas o días de brillo solar mensual disponible.

Ilustración 8

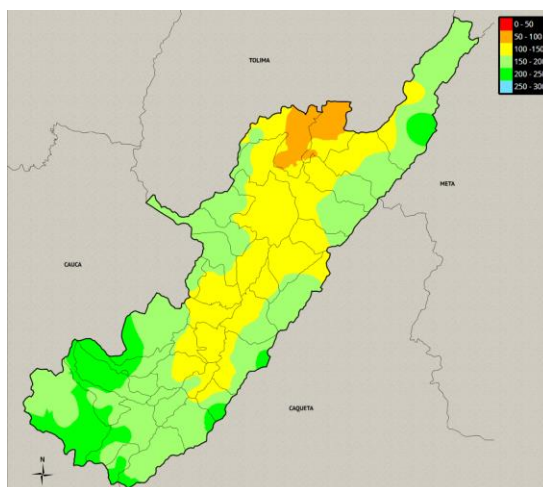
Precipitación media total mensual en el Departamento del Huila



Fuente. Atlas Climatológico de Colombia, por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), s.f. <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>

Ilustración 9

Número de días con lluvia anual en el Departamento del Huila



Fuente. Atlas Climatológico de Colombia, por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), s.f. <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>

En el Departamento del Huila, el comportamiento de la precipitación varía su régimen dependiendo de las subregiones; así, las del sur y del occidente presentan precipitación con comportamiento monomodal con una única temporada seca y otra mayormente de lluvias en el año, el volumen de precipitación en estas subregiones oscila entre los 1500 – 2000 mm

(milímetro de agua de lluvia o 1L agua/m²) y los días de lluvia al año pueden ser en promedio entre 150 a 200 o incluso 250 en los lugares más aislados al sur del Departamento.

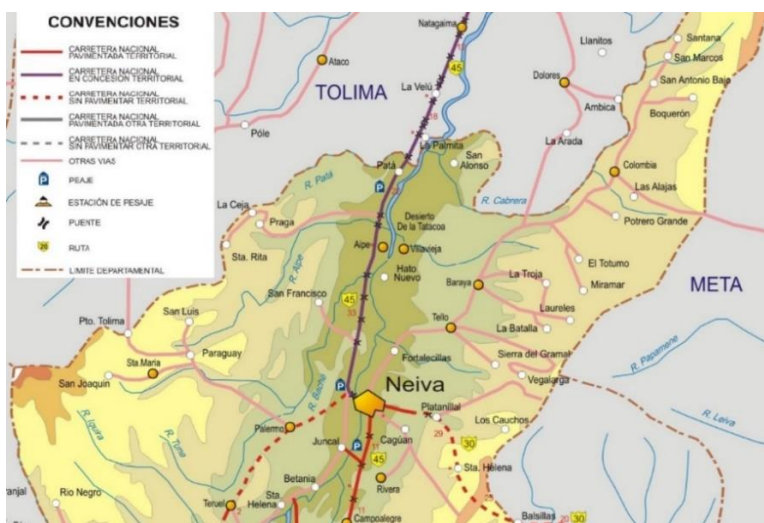
En las subregiones del centro y del norte en cambio, la precipitación de lluvias tiene un comportamiento bimodal, con dos temporadas secas muy marcadas en los primeros meses del año y en la mitad del mismo, mientras que las temporadas de lluvia se dan en los meses de marzo a mayo y octubre a diciembre respectivamente, el volumen de precipitación se encuentra entre 1000 – 1500 mm y el número de días sin lluvia normalmente son entre 100 a 150, sin embargo algunos sectores de Aipe y Villavieja pueden ser incluso menos de 100.

4.4.6 Vías de comunicación

Desafortunadamente para el Huila, su gran variedad de climas y relieves le juega en contra cuando se habla acerca de las vías de comunicación por medio terrestre, es común ver principalmente en las subregiones que atraviesan las cordilleras central y oriental carreteras poco uniformes, en las que además los constantes derrumbes y deslizamientos de tierra generan congestión vehicular o incluso accidentes. Bajo esta perspectiva, el transporte por carretera de equipos o tecnologías asociadas a la energía solar hacia estas zonas se vería afectada ante la falta de garantías de un trayecto completamente seguro. La subregión norte en cambio al ubicarse sobre el Valle del Magdalena, cuenta con carreteras planas mucho más estables, en las que el riesgo de un deslizamiento de tierra o accidentes ocasionados por condiciones ambientales adversas es poco frecuente.

Ilustración 10

Vías de comunicación en la subregión del Norte del Departamento del Huila



Fuente. Mapa de carreteras del Huila, por Instituto Nacional de Vías (INVIAS), s.f.
<https://hermes.invias.gov.co/carreteras/>

La subregión norte del Huila cuenta con una carretera Nacional que conecta a la capital Huilense con el municipio de Aipe, para los demás municipios se cuenta con carreteras secundarias que conectan a varios puntos del Departamento; la gestión de la gobernación departamental y de las alcaldías municipales procura que las carreteras usualmente se encuentren en un estado aceptable y pavimentadas.

4.4.7 Demanda Energética Eléctrica

En concordancia con el apartado en el que se trató la superficie como extensión de tierra aprovechable para los proyectos solares, el alcance de la capacidad instalada de un proyecto de energía sol depende en gran parte de la superficie que se va a destinar para su operación; y, siendo este el caso, surge la interrogante de si realmente vale la pena ocupar un espacio considerable para construir una infraestructura que finalmente no produzca la cantidad de energía mínima para que el proyecto sea rentable tanto económica como socialmente, justificando una inversión que hubiera terminado dando mejores resultados en un tipo de generación de energía diferente.

Afortunadamente, el gran interés mundial por el desarrollo de las energías alternativas ha permitido que en años recientes se hayan creado tecnologías afines mucho más eficientes y económicas, permitiendo así que progresivamente se atienda una mayor cantidad de demanda energética a un menor costo; además, vale la pena recalcar la disposición de algunos países como Colombia de otorgar incentivos tanto a personas naturales como a empresas para la creación de proyectos de este tipo. A modo de ejemplo, según lo informó en su sitio web el Grupo Ecopetrol (2020), en el año 2021 se estará llevando a cabo la construcción del megaparque solar San Fernando en el municipio de Castilla La Nueva, departamento del Meta, convirtiéndose en el mayor centro de autogeneración de energía en Colombia hasta la fecha con 47 hectáreas de superficie (aproximadamente 22,09 km²) y la capacidad de abastecer con energía eléctrica a 65.000 habitantes.

Conforme a lo anterior, para suplir la demanda de los 1.009.548 habitantes del Huila en las mismas condiciones con las que se planea construir el megaparque solar de Ecopetrol, se necesitarían utilizar 407 km² para su debida operación; es decir, que en un escenario optimista a

futuro se podría considerar a futuro al Departamento como uno de los grandes ofertantes de energía para suplir la demanda Nacional o incluso llegar a ofrecerla en otros países.

5. Diseño Metodológico

5.1. Metodología

El cumplimiento y desarrollo de cada uno de los objetivos del presente proyecto de investigación, que tuvo como fin principal estructurar un documento que agrupe y consolide los lineamientos necesarios para la estructuración e implementación de proyectos de energía solar en el Departamento del Huila, se aplicó una metodología mixta debido a que se utilizaron técnicas como la entrevista a expertos y un análisis documental con enfoque cualitativo-descriptivo, por medio de la consulta e investigación de diferentes tipos de documentos (planes, programas, leyes, documentos públicos, libros, periódicos, memorias, anuarios, registros, códigos, constituciones, entre otros). Para el presente proyecto la literatura consultada sobre energía solar en el nivel internacional, nacional y regional, se enfocó principalmente en los aspectos legales, técnicos, tecnológicos, sociales y ambientales.

Para la búsqueda y recolección de la información, se aplicó el enfoque cualitativo-descriptivo con alcance descriptivo, el cual permitió realizar un análisis profundo y exhaustivo de la documentación relacionada con los aspectos mencionados y determinar las principales variables inmersas en este tipo de proyectos; de esta manera se logró analizar, indagar y explicar el comportamiento de cada uno de estos aspectos en el Departamento del Huila y finalmente determinar los factores más relevantes, ventajas y desventajas que conllevaría la estructuración y desarrollo de este tipo de proyectos energéticos en el Departamento. Bernal (2006) define a la investigación descriptiva como aquellos estudios en donde “Se muestran, narran, reseñan o identifican hechos, situaciones, rasgos, características de un objeto de estudio, o se diseñan productos, modelos, prototipos, guías, etcétera, pero no se dan explicaciones o razones de las situaciones, los hechos, los fenómenos, etcétera” (p. 113).

5.2. Herramientas e Instrumentos

Para el desarrollo del proyecto investigativo y el cumplimiento de cada uno de sus objetivos, se planteó el uso de la metodología de investigación documental descriptiva debido al tipo de proyecto. Se consideraron dos etapas, la primera enfocada en la búsqueda y consulta de información y la segunda orientada al análisis de la información recolectada para posteriormente interpretarla y consolidar un documento que plantea los principales lineamientos a tener en

cuenta en la estructuración y desarrollo de proyectos energéticos solares fotovoltaicos en el Departamento del Huila.

Para el desarrollo de esta se acudió a:

- Entrevistas y Juicios de Expertos para conocer de primera mano la información y el conocimiento que poseen las personas en la región que tienen familiaridad con este tipo de proyectos. Las entrevistas se encuentran en los anexos 2 y 3 de este documento.
- Revisión de Bases de Datos a nivel internacional, nacional y regional, se cuenta con una gran cantidad de información encontrada en documentos físicos y digitales que tienen relación con el tema de los proyectos energéticos solares.
- Noticias de Medios de comunicación, hoy en día estos se caracterizan por ser una fuente activa de información debido a que tienen como función principal mantener al tanto a la comunidad de su entorno con temas relevantes.

Posterior a la recopilación y evaluación de la información y sus respectivas fuentes, se procedió a analizar el estado actual de los proyectos solares y el comportamiento de las variables necesarias para el desarrollo estos mismos en el Departamento del Huila.

Finalmente, se consolidó un capítulo en el cual se consolidan los principales lineamientos que se deben tener en cuenta al momento de estructurar de este tipo de proyectos en Colombia y el Huila.

5.3. Resultados y Productos

Como resultado del proceso investigativo, se logró:

- Diagnóstico del mercado energético colombiano del Departamento del Huila, el cual se compone del análisis de las matrices energéticas, de la oferta y demanda de energía y de la situación actual de la energía solar tanto a nivel nacional como departamental.
- Recopilar información documental de diferentes investigaciones, artículos, tesis, entre otras publicaciones del contexto internacional, nacional y local, en donde se incluyeron algunas variables técnicas y estratégicas clave para estructurar e implementar proyectos de energía solar fotovoltaicos en el Departamento del Huila y en Colombia en general.
- Interrelacionar los conceptos y herramientas de las metodologías de gestión de proyectos PMI, PRINCE2 y SCRUM, generando un modelo propuesto híbrido de enfoque de

desarrollo predictivo y ágil aplicable a la gestión de proyectos de energía solar en Colombia

- Documento que consolida lineamientos e información relacionada con los aspectos necesarios para la estructuración e implementación de proyectos energéticos solares en Colombia y el Departamento del Huila, a partir de un modelo de gestión de proyectos que reúne elementos significativos de las metodologías PMI, PRINCE2 y SCRUM.

6. Diagnóstico de la Demanda y Oferta de energía con base en la Matriz Energética de Colombia y el Departamento del Huila

6.1. Mercado Energético de Colombia

6.1.1 Matriz Energética Colombiana

ACOLGEN, indicó que la Matriz Energética del país en el año 2018 era la sexta más limpia del mundo, gracias a que el 68,4% de la energía se generó teniendo como base a las denominadas fuentes de energías renovables, posicionando a Colombia como uno de los países cuyo sector energético es de los menos contaminantes.

XM, quien es el operador del SIN y el MEM en Colombia, constató que del 100% de energía producida en el país en el 2018, el 68,4% se generaba a partir de las centrales hidroeléctricas de pequeño y gran tamaño, el 13,3% de gas natural, el 9,5% de carbón, el 7,8% combustibles y el 1% restante a base de las FNCER (Eólica y Solar); las cuales, desde el 2014 han empezado a tomar mayor importancia en el país. Para inicios del año 2022, las FNCER aumentaron su nivel de participación dentro de la matriz energética nacional, pasando del 1% de participación hasta al 6%, en donde el 5% pertenece a proyectos energéticos eólicos y el 1% faltante a proyectos energéticos solares.

Ilustración 11

Evolución de la Matriz Energética Colombiana 2018 - 2022



Fuente. Elaboración propia, con información tomada del BID, 2022
<https://blogs.iadb.org/energia/es/la-matriz-energetica-de-colombia-se-renueva/>

6.1.2 Oferta y Demanda Energética en Colombia

La demanda energética en el país se ha incrementado progresivamente en las últimas décadas a raíz de la evolución de diferentes sectores económicos e industriales y el crecimiento de la población nacional; en el 2004 por ejemplo, la demanda nacional de energía eléctrica era de 7.900 MW, mientras que en el 2021 había aumentado hasta los 10.800 MW, lo que equivale a un aproximado de 73.172 GWh-Año, 6.097 GWh-Mes y 203 GWh-Día respectivamente, por su parte, la capacidad de generación de energía en el país para el 2020 era de 17.749 MW. Según las proyecciones realizadas por la UPME, esta tendencia al alza se mantendrá a un ritmo acelerado, estimando para el año 2035 una demanda energética de 13.468 MW, lo que equivale a un consumo de 106.556 GWh-Año, 8.880 GWh-Mes y 296 GWh-Día.

Tabla 7

Proyección de la Demanda y Consumo Energético en Colombia 2022 - 2035

Año	Proyección de la Demanda Energética (MW-Año)	Proyección del Consumo Energético (GWh-Año)
2022	11.096	75.660
2023	11.343	77.979
2024	11.571	80.213
2025	11.791	82.765
2026	11.980	84.557
2027	12.110	86.512
2028	12.333	89.348
2029	12.465	91.435
2030	12.661	93.682
2031	12.840	96.173
2032	13.003	98.603
2033	13.157	101.100

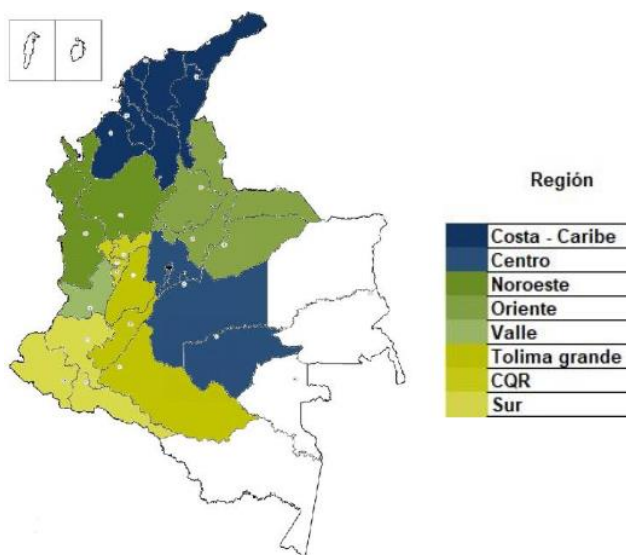
Año	Proyección de la Demanda Energética (MW-Año)	Proyección del Consumo Energético (GWh-Año)
2034	13.310	103.863
2035	13.468	106.556

Fuente. Elaboración propia. Con información tomada de la Proyección de Demanda Energía Eléctrica y Gas Natural 2021 - 2035, por la Unidad de Planeación Minero Energética junio 2021

La UPME calcula el consumo regional del país en 8 diferentes zonas (Centro, Costa Caribe, Noroeste, Oriente, Valle, CQR, Tolima Grande, Sur), las dos regiones a nivel nacional que más demandan energía eléctrica son la del Centro, conformada por los Departamentos de Cundinamarca, Meta y Guaviare; y la Costa Caribe, conformada por los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Guajira, Sucre y Magdalena; estas, al ser las regiones con mayor desarrollo industrial en Colombia, inciden en gran medida sobre la demanda energética en el país, tal como se menciona en el Boletín Económico Regional (2020) expedido por el Banco de la República.

Ilustración 12

Distribución de Colombia por regiones según la UPME



Fuente. Tomado de la Proyección de Demanda Energía Eléctrica y Gas Natural 2021 - 2035, por la Unidad de Planeación Minero Energética junio 2021

Así mismo, el Boletín Económico Regional (2020), señala que la región del Centro posee un 26,9% de participación en el total de la demanda energética nacional, fundamentado principalmente en diferentes sectores económicos, cuyas actividades se encaminan a la confección de textiles, producción de alimentos y bebidas, así como de sustancias y productos químicos, la extracción de minerales no metálicos, el comercio y la refinación de productos a base de petróleo. Por su parte, la región Costa Caribe posee un 25,2% de participación en la demanda de energía, esencialmente gracias a algunas actividades económicas similares a la región del Centro como la producción de alimentos y bebidas, la extracción de minerales metálicos y no metálicos, y el Comercio; lo anterior basado en el Boletín Económico Regional expedido por el banco de la Republica.

Tabla 8

Porcentaje de participación y consumo energético por región

Región	Consumo 2019 (GWh-Año)	Consumo 2020 (GWh-Año)	Porcentaje de Consumo 2020
Costa – Caribe	17.523	17.601	26,9%
Centro	17.101	16.492	25,2%
Noroeste	9.805	9.598	14,6%
Oriente	7.420	7.210	11%
Valle	7.158	6.913	10,5%
Tolima Grande	2.901	2.823	4,6%
CQR	2.721	2.668	4,1%
Sur	1.982	1.982	3,1%
Total	66.611	65.287	100%

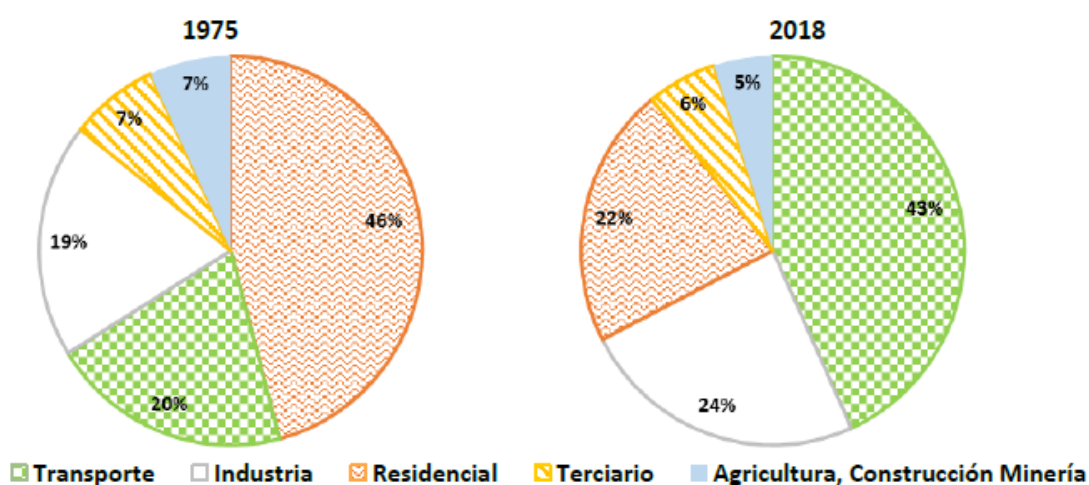
Fuente. Elaboración propia. Con información tomada de la Proyección de Demanda Energía Eléctrica y Gas Natural 2021 - 2035, por la Unidad de Planeación Minero Energética junio 2021

En lo referente a la distribución por sectores de la participación energía eléctrica en el país, de acuerdo con el Plan Energético Nacional 2020 – 2050, en el año de 1975 cuando la

población colombiana era de aproximadamente 24 millones de habitantes, el 46% del consumo energético nacional hacía parte del sector residencial; ya para el año 2018, cuando la población en Colombia había llegado a la cifra de 48,5 millones de personas, el sector residencial tan solo poseía un 22% de participación respecto al consumo nacional, el 78% restante hacía parte de los diferentes sectores de la economía e industria, como el sector transporte con un 43%, el sector industrial con un 24%, el sector terciario con un 6% y el sector de la agricultura, minería y construcción con un 5%.

Ilustración 13

Evolución de la Demanda Energética en Colombia por sectores



Fuente. Tomado del PEN 2020 - 2050, por la UPME

A raíz de las restricciones de movilidad y aglomeraciones tomadas por el gobierno nacional para afrontar la pandemia del Covid 19, el sector energético en Colombia sufrió un estancamiento y disminución de la demanda durante los primeros meses del año 2020, presentando los niveles más bajos de consumo energético vistos desde el 2014. Durante la segunda mitad del 2021, cuando dichas restricciones disminuyeron, la demanda energética estaba alcanzando nuevamente los niveles vistos en enero del 2020 antes del inicio de la pandemia.

Como se mencionó previamente, a pesar de que Colombia sufre con creces la demanda energética de 17.749 MW del año 2020, e incluso con la demanda proyectada por la UPME de 13.368 MW en el 2035, se debe de tener en cuenta un aspecto importante como el precio de la energía eléctrica; y es que, según la ASOENERGÍA, para el 2020 los Precios en la Bolsa Nacional incrementaron en un 10% su valor, con un valor promedio en el mercado de 251.6

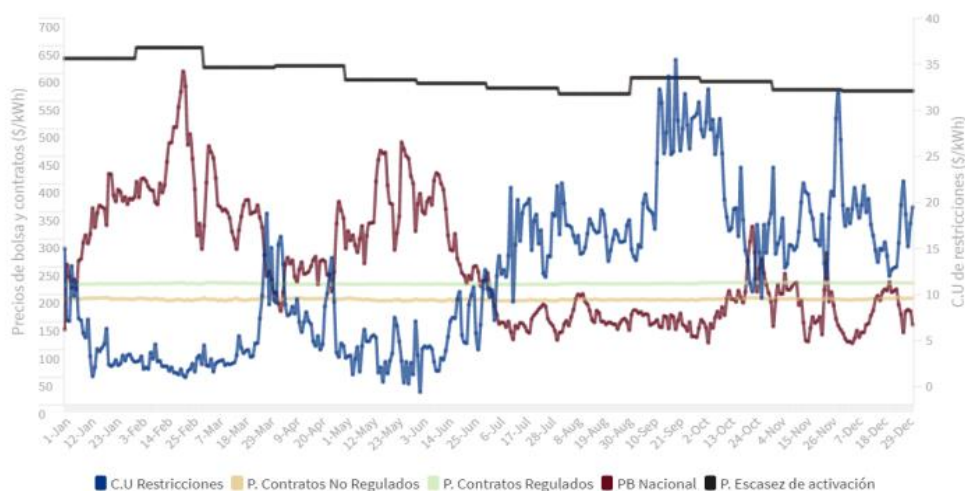
\$/kWh durante el año; que para los contratos no regulados y regulados fueron de 191.2 \$/kWh y 219.7 \$/kWh respectivamente.

ASOENERGÍA en el Informe Integrado No.9 de diciembre del 2020, asegura que la alta variación del precio del KWh en la Bolsa Nacional presentada a lo largo del 2020, se debe a que durante los primeros meses del año Colombia se encontraba en medio de una crisis hidrológica; y dado que el sector energético Colombiano depende mayormente de las fuentes hídricas con un 68,4% de participación en la matriz energética, dio lugar a un escenario en donde la demanda energética se mantuvo al alza mientras que la oferta disminuyó; de la misma forma, el valor de la energía llegó hasta los \$600 KWh en el primer semestre del año, ya cuando se vio superada la crisis en el segundo semestre del mismo año los precios se redujeron hasta \$250 KWh.

Durante aquel periodo de crisis, las fuentes térmicas fueron las encargadas de soportar en gran parte la demanda energética requerida, dejando en evidencia la gran sensibilidad a los cambios que presenta la matriz energética colombiana actualmente y la importancia de diversificar dicha matriz hacía las FNCER.

Ilustración 14

Transacciones y Precios en el Mercado Mayorista en el año 2020



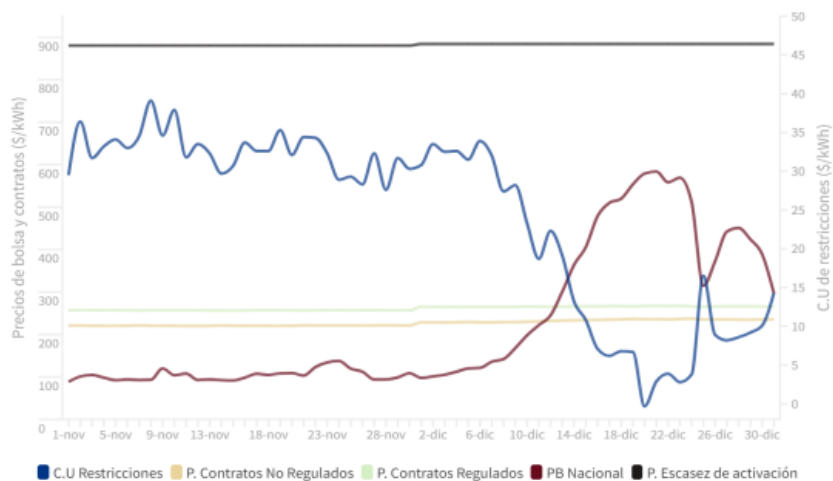
Fuente. Tomado del Informe Sectorial No. 9 diciembre 2020, por ASOENERGÍA

En el Informe Integrado No.21 de diciembre del 2021 de ASOENERGÍA, se observa que los precios promedios en este mes presentaron una gran alza, en comparación con los precios promedios presentados a lo largo del 2020; y es que para el mes de diciembre del 2021 los

precios promedios en la Bolsa Nacional fueron de 233 \$/KWh para los contratos no regulados y de 266,1 \$/KWh para los contratos regulados.

Ilustración 15

Transacciones y Precios en el Mercado Mayorista en el último bimestre del 2021



Fuente. Tomado del Informe Sectorial No. 21 diciembre 2021, por ASOENERGÍA

6.1.3 Energía Solar en Colombia

La participación de la energía solar fotovoltaica y en general de las FNCER en la matriz energética Colombiana, hoy en día sigue siendo bastante baja a comparación de las fuentes convencionales debido principalmente a la poca relevancia que se le dieron a las energías limpias en el país hace más de una década; a pesar de ello, desde el año 2014 con la expedición de la Ley 1715, las FNCER han aumentado paulatinamente su nivel de participación dentro de la matriz energética nacional, gracias al creciente número de proyectos energéticos basados en estas fuentes, siendo la energía eólica y la energía solar aquellas con mayor auge.

En el año 2019 Colombia contaba con 3 parques solares de grandes dimensiones conectados al SIN, los cuales eran el Celsia Solar Yumbo en el Valle del Cauca, el Celsia Chicamocha Solar en Santander y el Paso en el Cesar. Juntos poseían la capacidad de generar 176 MW, lo que para ese momento equivalía aproximadamente al 1,63% del consumo total de energía del país y el 0,99% de la capacidad de generación energética colombiana.

Tabla 9
Parques Solares conectados al SIN en Colombia al 2019

Nombre del Proyecto	Capacidad (MW)	Ubicación (Departamento)
El Paso	86,2	Cesar
Celsia Chicamocha Solar	80	Santander
Celsia Solar Yumbo	9,8	Valle del Cauca

Fuente. Elaboración propia. Con información tomada de las páginas web de los proponentes de cada proyecto (ENEL-EMGESA, CELSIA, entre otros)

Con el auge e importancia que han tomado en los últimos años las FNCER, el mercado energético colombiano ha ido cambiando y evolucionado en lo relacionado con el porcentaje de participación de cada una las fuentes energéticas, además del número de licencias expedidas por la ANLA para la estructuración de nuevos proyectos energéticos. Con base en ello, para el año 2022 el número de proyectos energéticos solares había aumentado en el país y, por lo tanto, el nivel de participación de la energía solar en la matriz energética nacional creció.

En la actualidad (Año 2022) Colombia ya cuenta con un total de 17 parques solares interconectados al SIN y unidos acumulan una capacidad de generación energética de 674,5 MW. Según las proyecciones de la Presidencia y el Ministerio de Minas y Energía, al SIN colombiano en los próximos años se le sumarán 16 proyectos energéticos solares que aumentarán en aproximadamente 1.300 MW la capacidad de generación eléctrica a partir de esta FNCER.

Tabla 10
Parques Solares próximos a abrir en Colombia (2022)

Nombre del Proyecto	Capacidad (MW)	Ubicación (Departamento)
Parque Solar La Loma	187	Cesar
PV La Unión	100	Córdoba
Nabusimake	99,9	Magdalena
Manglares	99,9	Antioquia
Campano	99,9	Córdoba

Nombre del Proyecto	Capacidad (MW)	Ubicación (Departamento)
Solar Escobal 6	99	Tolima
CDF Cartago	99	Valle del Cauca
CDF San Felipe	90	Tolima
Tepuy	83	Caldas
La Mata	80	Cesar
Bosques Solares del Llano 6	79,6	Meta
El Paso	67	Cesar
Prubenza PSR2	50	Cundinamarca
Caracolí 2	50	Atlántico
Surnorte	35	Norte de Santander
Solar Urrá	19,9	Córdoba

Fuente. Elaboración propia. Con información tomada de las páginas web de los proponentes de cada proyecto (ENEL-EMGESA, CELSIA, entre otros)

El gran avance, acogida y desarrollo que han presentado los proyectos energéticos solares fotovoltaicos en diferentes regiones de Colombia se debe a diferentes factores como por ejemplo la privilegiada ubicación en la que se encuentra el país, lo que le permite contar con óptimos niveles de radiación solar, de número de horas y días de sol a lo largo del año. Por otra parte, en Colombia se han ido incluyendo en diversos planes y programas de orden nacional el objetivo denominado transición energética, que de forma general, consiste en incentivar el uso y aumento de la participación de las FNCER en el país con la finalidad de disminuir la dependencia de las fuentes convencionales, que por lo general dependen en gran medida de recursos no renovables, además de provocar impactos nocivos para el medio ambiente a mediano y largo plazo; por ello, que en Colombia se han expedido diferentes leyes y normas desde el punto de vista tributario que incentivan la proliferación del uso de las FNCER como la solar.

El proyecto energético solar próximo a inaugurarse llamado La Loma, ubicado en el departamento de Cesar, será aquel con la mayor capacidad máxima de generación en el país con 187 MW, lo que equivale a atender la demanda eléctrica de una población de 370.000 habitantes, aproximadamente el número de habitantes que tiene la ciudad de Neiva actualmente.

Ilustración 16

Proyecto Energético Solar La Loma (Cesar – Colombia)



Fuente. Parque Solar La Loma (Cesar – Colombia).

<https://www.enel.com.co/es/prensa/news/d202205-proyecto-solar-la-loma.html>

El aumento acelerado en la demanda de energía eléctrica en las últimas décadas, especialmente en los sectores industrial y de transporte, ha generado en el gobierno nacional la necesidad de incentivar la creación de nuevos proyectos energéticos en el país, con el fin de aumentar la oferta de energía en los próximos años y puede abastecer adecuadamente a todos los sectores de la economía.

Sumado a lo anterior, la gran dependencia que aún mantiene la matriz energética del país a fuentes de energía fósil no renovable o a la energía hidráulica, la cual es muy sensible a los efectos del fenómeno meteorológico del Niño, ha impulsado desde el año 2014 mediante la Ley 1715 a la construcción de proyectos basados en una energía renovable no contaminante como la solar. Si bien la capacidad de generación de energía de los proyectos solares actualmente representa solo el 6,08% de la matriz energética, la gran acogida de las FNCER prevé un aumento significativo de ese margen no solo por los grandes parques solares que se encuentran

en construcción, sino además por los nuevos proyectos energéticos que surgirán en un futuro no muy lejano.

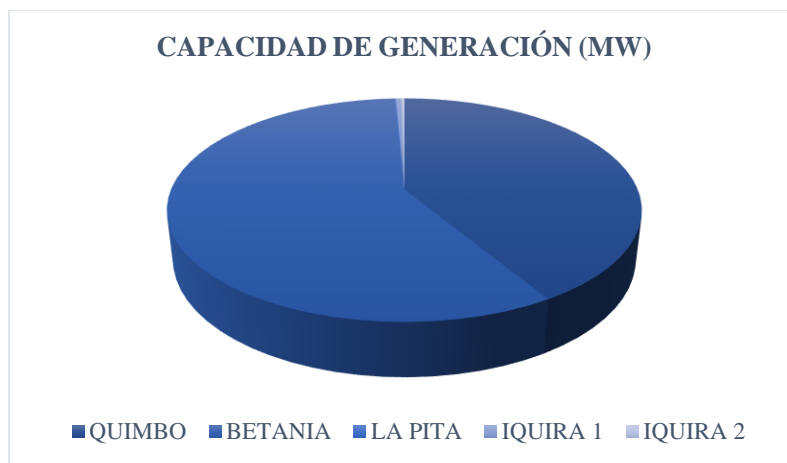
6.2 Mercado Energético del Departamento del Huila

6.2.1 Matriz Energética del Huila

El departamento del Huila actualmente cuenta con cinco proyectos energéticos que se encuentran acoplados al SIN (Sistema Interconectado Nacional), los cuales, hacen parte del sector de generación eléctrica hidráulica, debido a que utilizan las fuentes hídricas de la región para la generación de energía eléctrica, estos proyectos son dos hidroeléctricas de gran tamaño (Betania y Quimbo) y tres pequeñas centrales hidroeléctricas también conocidas como PCH (La Pita, Iquira 1 e Iquira 2).

Ilustración 17

Capacidad de generación de energía eléctrica del Departamento del Huila



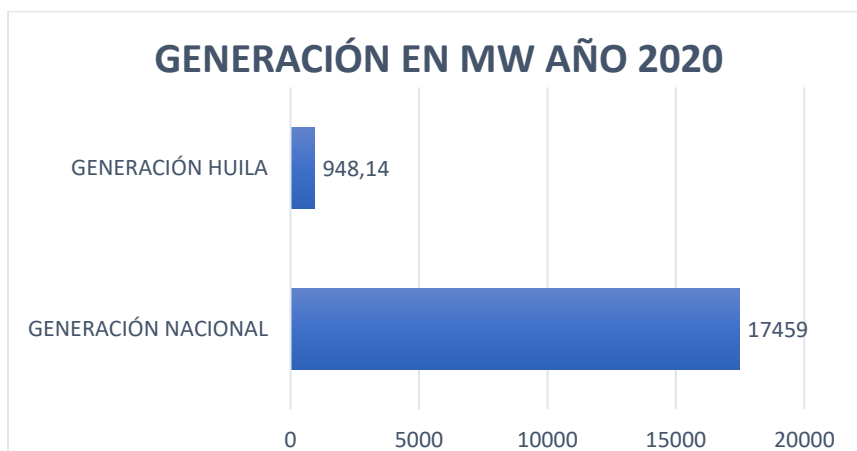
Fuente. Elaboración propia, con información tomada del Reporte Integrado 2020 de ELECTROHUILA y Grupo ENEL <https://www.enel.com.co/es/conoce-enel/enel-emgesa/el-quimbo/cronologia-represa-del-quimbo.html> / <https://www.enel.com/es/medios/explora/busqueda-fotos/photo/2020/12/central-hidroelectrica-betania-colombia>

El grupo ENEL indica que La Central Hidroeléctrica de Betania ubicada entre los Municipios de Palermo y Yaguará cuenta con una capacidad de generación de energía de 540 MW; por otra parte, la Central del Quimbo ubicada entre los municipios de Garzón y Gigante cuenta con una capacidad de 400 MW. De acuerdo con ELECTROHUILA (2020), las tres PCH ubicadas en el municipio de Garzón e Iquira, cuentan con una capacidad de 1,42 MW, 4,32 MW

y 2,4 MW respectivamente. Por lo tanto, el Huila posee una capacidad de generación de energía eléctrica integrada de 948,14 MW, que representa el 5,43% de participación con respecto a la oferta nacional.

Ilustración 18

Comparación de la generación de energía eléctrica entre el Departamento del Huila y Colombia (2020)



Fuente. Gráfico de Elaboración propia, con información tomada del Reporte Integrado 2020 ELECTROHUILA y ENEL <https://www.enel.com.co/es/conoce-enel/enel-emgesa/el-quimbo/cronologia-represa-del-quimbo.html> /

<https://www.enel.com.co/es/medios/explora/busqueda-fotos/photo/2020/12/central-hidroelectrica-betania-colombia>

6.2.2 Oferta y Demanda Energética en el Huila

La capacidad actual de generación eléctrica del Huila es de 948,14 MW, no obstante, ELECTROHUILA proyecta que en un lapso de 10 años esta capacidad aumente en 1,2 GW gracias a los diferentes proyectos que se encapsulan en el plan presentado por parte de la Electrificadora a la UPME en junio del 2022, dentro de los cuales se encuentra una granja solar de 10 MW. Además, se están tramitando unos proyectos energéticos por terceros ante la UPME, como por ejemplo un parque solar de 230 MW que se tiene planeado instalar en el Desierto de la Tatacoa.

La región del Tolima Grande, conformada por los departamentos del Caquetá, Huila y Tolima a diferencia de las regiones del Centro y la Costa Caribe, se caracteriza más por el desarrollo de la actividad económica comercial en lugar de la industrial, razón que explica un

consumo energético mucho menor, pues, conforme a los datos de la UPME (2020), dicha región consume aproximadamente el 4,3% de la demanda nacional de energía eléctrica correspondiente a 496,8 MW o 2.823 GWh-Año, 235,25 GWh-Mes, 7,85 GWh-Día, y de acuerdo con la proyección hacia el año 2035, se estima que dicha demanda aumentará al 4,6%, lo que equivale para dicho año una demanda energética de 615 MW o un consumo de 4.902 GWh-Año, 408 GWh-Mes y 13,61 GWh-Día. Según las proyecciones de ELECTROHUILA, se calcula que la demanda energética en el departamento del Huila aumentará entre un 2,5% a 3% en los próximos años.

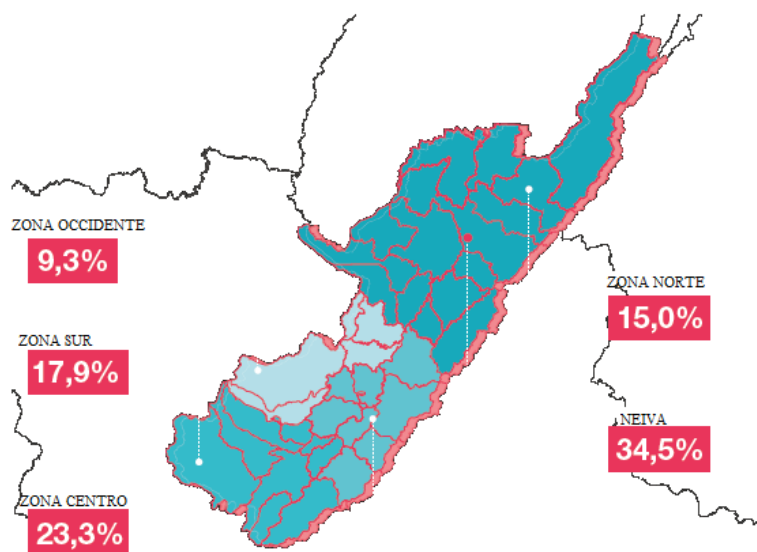
Para suplir este aumento en la demanda, la electrificadora está trabajando fuertemente en el fortalecimiento de la red eléctrica del Huila por medio de la generación de nuevas líneas en el Sistema de Trasmisión Regional del departamento para asegurar el constante fluido eléctrico, además de ajustar la red a la necesidad que se presentará para la distribución y el transporte de la energía a otras regiones del país y del extranjero debido a que por el Departamento cruza una de las principales líneas del Sistema de Trasmisión Nacional que lleva la energía al sur de Colombia y a países que compran energía colombiana como es el caso de Ecuador.

La demanda del Departamento del Huila equivale aproximadamente al 40% del total de la demanda generada por la región del Tolima Grande, equivalente a 198,9 MW o 1.129 GWh-Año, 94,1 GWh-Mes, 3,13 GWh-Día.

En el Reporte Integrado 2020 de ELECTROHUILA, se indicó que para el año en cuestión se contaba con un total de 407.585 usuarios en el territorio departamental; de los cuales, el 34,5% se encontraba en la ciudad de Neiva, el 23,3% en la zona centro, el 17,9% en la zona sur, el 15% en la zona norte y el 9,3% en la zona occidente. En lo referido al nivel de cobertura del servicio eléctrico, para el año 2019 el porcentaje de cobertura se encontraba en un 95,26% y para finales del 2020 ya había aumentado al 95,59%, con los puntos más altos de cobertura del 98,76% en las zonas urbanas, mientras que en las zonas rurales tal porcentaje era en promedio del 90,14%.

Ilustración 19

Distribución de los usuarios en el Departamento del Huila



Fuente. Tomado del Reporte Integral 2020, por ELECTROHUILA

La Electrificadora del Huila de la mano de la Gobernación del Huila y el Ministerio de Minas y Energía, está trabajando en el desarrollo de alianzas y estrategias para aumentar los niveles de cobertura en el territorio departamental por medio de la ampliación y fortalecimiento de la red eléctrica mediante los Sistemas de Trasmisión Regional y Nacional (STR / STN) y el desarrollo de proyectos energéticos solares de autoabastecimiento para las zonas y comunidades que se encuentran muy retiradas del SIN.

A pesar del bajo nivel de industrialización en el Departamento como se manifiesta en el reporte ELECTROHUILA, en donde el 92,36% el consumo energético es residencial, el 5,88% pertenece al sector comercial y solo el 0,26% al sector industrial, el precio de las tarifas de energía para los usuarios no se mantiene estable con el paso del tiempo, ya que incluso con la capacidad de generar más energía de la que se consume mediante las grandes represas y las PCH en el Huila, la dependencia exclusiva a la energía hidráulica deja el camino abierto para que fenómenos climatológicos como el del niño aumente el costo de la energía al disminuir el nivel de los embalses en las hidroeléctricas y racionalizar el uso del recurso (La Guía Solar, 2016).

Por lo anterior, ELECTROHUILA se encuentra actualmente en el desarrollo de planes y proyectos que le permitan aumentar la oferta energética en el Departamento por medio de la diversificación de la matriz energética, cuyo fin además de estabilizar los precios de la energía en

el departamento, busca atraer inversionistas del sector industrial para apoyar el desarrollo y crecimiento de la región. Esta empresa revela además que las tarifas durante el año 2020 variaban entre los \$572/KWh y los \$614/KWh, siendo enero el mes con el KWh más económico y diciembre el mes más costoso por KWh. Dichos precios en ese año subieron en un 6,5% con respecto al 2019, mientras que en el 2020 el valor promedio del KWh fue de \$608,42, en el año anterior fue de \$571,42.

Tabla 11

Tarifas Promedio ELECTROHUILA 2019 y 2020

Mes	Valor Promedio del KWh (Peso Colombiano)	
	2019	2020
Enero	566,95	572,38
Febrero	572,47	608,1
Marzo	576,53	611,75
Abril	569,77	611,75
Mayo	560,49	611,75
Junio	567,64	611,75
Julio	570,52	611,75
Agosto	584,07	611,75
Septiembre	588,16	611,75
Octubre	570,52	611,75
Noviembre	567,35	611,75
Diciembre	562,6	614,81

Fuente. Elaboración propia. Con información tomada del Reporte Integral 2020, por

ELECTROHUILA

6.2.3 Energía Solar en el Huila

A la fecha, en el territorio del Departamento del Huila no se cuenta con grandes proyectos energéticos solares fotovoltaicos que se interconecten al SIN a pesar de contar con las condiciones adecuadas para el desarrollo de este tipo de proyectos; sin embargo, actualmente existe la proyección para el desarrollo de diferentes proyectos energéticos solares fotovoltaicos en el Huila de dimensiones considerables, los cuales van desde 10 MW hasta 230 MW. Los proyectos con mayor avance es el de la compañía ECOPETROL, conformado por un total de tres parques solares ubicados en el territorio departamental (Ecoparque Solar Brisas, Ecoparque Solar Aipe y Ecoparque Solar Yaguará), estos se encuentran actualmente en la etapa de desarrollo y ejecución, su capacidad total de generación eléctrica es de 25 MW y tiene como objetivo principal autoabastecer la demanda energética generadas por sus operaciones de campo y administrativas en el departamento. Cabe resaltar que la capacidad de generación eléctrica que se proyecta instalar en este Parque Solar serviría para abastecer la demanda de una población de 35.000 habitantes.

ELECTROHUILA en junio del 2022, presentó a la UPME un plan para la expansión de la red eléctrica departamental y la gestión de nuevos proyectos de generación eléctrica, que incluye a mediano plazo el proyecto de instalación de una granja solar con una capacidad de 10 MW. La UPME le informó de igual forma a la Electrificadora que preparara su red, debido a que en los próximos años un tercero va a instalar un parque solar de grandes dimensiones (230 MW) en el Desierto de la Tatacoa.

Ilustración 20

Desierto de la Tatacoa, Ubicación del próximo Parque Solar de 230 MW en el Huila



Fuente. Desierto de la Tatacoa en el Departamento del Huila

<https://aventurecolombia.com/es/desierto-de-tatacoa-guia-de-viaje/>

Por otra parte, desde hace un tiempo en el Departamento se encuentran ubicadas empresas privadas como lo es SunnyApp y Solar Tech que se encargan de la comercialización, estructuración, montaje y mantenimiento de proyectos energéticos solares fotovoltaicos a nivel industrial, empresarial y residencial, que a su vez, son denominados por la CREG como pequeños o grandes autogeneradores según sea la capacidad de generación eléctrica. En la ciudad de Neiva, SunnyApp ha desarrollado una gran variedad de proyectos energéticos solares, entre los más reconocidos por su capacidad de generación, así como también por la trayectoria de la empresa son: CDA Optimo, Corporación Universitaria del Huila (CORHUILA), ESE Hospital Universitario Hernando Moncaleano Perdomo, DISCOLMÉDICA, INCIHUILA, Constructora León Aguilera, ELECTROHUILA, entre otros proyectos del sector residencial.

De acuerdo con SunnyApp, a pesar de haber aumentado exponencialmente el número de proyectos que se solicitan a la empresa, ocurre mayormente por la iniciativa del marketing empresarial en lugar del propio interés de los clientes; según ellos, el atraso en la transición energética en la región a la energía solar o eólica se debe principalmente a la cultura de sus habitantes, en la que escasea la capacidad de innovación e integración de prácticas empresariales reconocidas internacionalmente.

Ilustración 21

Proyectos energéticos solares Industriales, Comerciales y Residenciales en Neiva



Fuente. Elaboración propia. Con información tomada de la página Web de SunnyApp.

<https://sunnyapp.com/proyectos-de-sistemas-solares/>

Gran parte de los datos presentados en este subcapítulo se recogieron en los anexos 4 y 5, en donde se encuentra la entrevista realizada al subgerente de distribución de ELECTROHUILA y un cofundador de SunnyApp, quienes suministraron esta información.

La matriz energética del Departamento del Huila al componerse únicamente de la energía hidráulica, explica por qué los fenómenos meteorológicos en donde se presentan largas sequías, la convierten en una de las regiones del país con las tarifas de energía más volátiles, dejándole muy pocas alternativas cuando las condiciones climáticas no son favorables.

Asimismo, la capacidad de generación y demanda tan bajas de energía en comparación a otros Departamentos se relaciona con el uso que se le da en los sectores energéticos, puesto que el residencial y comercial no son energéticamente tan exigentes como el sector industrial, aquel con el porcentaje de demanda más bajo actualmente.

La estrategia a la que apunta ELECTROHUILA para aumentar el nivel de industrialización en Departamento es la creación de nuevos proyectos basados en las FNCER que aumenten la oferta y atraigan inversionistas; sin embargo, como lo mencionaba SunnyApp, se necesita un cambio en la percepción de las personas si verdaderamente se quiere generar un cambio, en lugar de que empresas externas se aprovechen de los recursos que los Huilenses por su falta de competencias no son capaces de hacerlo.

7. Lecciones de Aprendizaje de Experiencias del Contexto Internacional, Nacional y Local

Para la aplicación de proyectos de energía se deben tener en cuenta algunos factores para la localización del proyecto como las vías de acceso a la zona para el transporte de las células fotovoltaicas (PV) y para determinar el tamaño del proyecto, como la extensión del terreno en donde se desarrollará el proyecto y la presencia de objetos que generen sombras (Barrera y Castilla, 2018). Respecto a este factor el autor Peña (2016) menciona que el área geográfica en donde se instalan los paneles, debe evitar desniveles que afecten la efectividad del proyecto.

Además de los tres factores principales presentados por Benavides et al. (2017) que determinan el potencial solar (intensidad de radiación solar (kWh/m²), promedio de horas de sol al día (hSd) y promedio del número de días al mes con brillo solar) en una posición geográfica específica; se debe tener en consideración respecto a la radiación solar, que la radiación emitida por el sol es diferente a la que llega a la superficie de la tierra, ya que como explica Méndez y Rivera (2015) factores como la altitud, la latitud, el ángulo cenital, los aerosoles, la nubosidad y la radiación reflejada hacen que la radiación sobre la superficie terrestre en un punto geográfico varíe, gracias a esto componentes los autores dividen a la radiación solar en directa, difusa y reflejada dependiendo del ángulo de incidencia de los rayos solares sobre el sistema de captación.

Como explica Peña (2016) los programas informáticos son un gran apoyo para el desarrollo de estudios del potencial energético solar o la posterior instalación de paneles solares, el autor menciona una lista de programas capaces de hacer desde un análisis a las características del terreno como Google Earth Pro, Sketchup-Skelion, PVsyst, AutoCAD o hasta una simulación integral del desempeño de cualquier tipo de instalación fotovoltaica. Dado a que el estudio del autor Peña fue elaborado en el año 2016, vale la pena investigar qué nuevos programas se han creado hasta la fecha y si pueden servir de utilidad para el proyecto en cuestión.

Esquivel (2017) menciona cuáles son algunos de los instrumentos utilizados para medir la radiación que incide sobre la superficie y recolectar la información, el piranómetro sirve para medir la radiación directa y difusa mientras que el pirheliómetro en cambio se utiliza para medir la radiación solar directa, finalmente el heliógrafo se encarga de medir las horas de luz solar.

Estos instrumentos son muy buena base, aunque al igual que los programas informáticos, se debe indagar acerca de otros instrumentos que puedan resultar útiles para el estudio.

Un factor importante a la hora de evaluar la instalación de células fotovoltaicas, tal como menciona Gonzales (2020) son los efectos negativos generados por las sombras que obstaculizan el paso de la radiación solar a los paneles, llegando a disminuir el tiempo de vida útil de los mismos o incluso generar incendios en la instalación. Por este motivo se podría considerar hacer adicionalmente un estudio de sombras dependiendo de las condiciones climáticas de cada sitio de estudio.

La investigación titulada “Estudio del potencial solar en Costa Rica”. Desarrollada por el Instituto Costarricense de Electricidad (2007) tuvo como objetivo valorar la radiación solar presente en el país ubicado en Centroamérica para analizar el potencial de energía que posee a partir de esta fuente alternativa. En la investigación se estudian algunos factores que afectan la radiación que llega a la superficie terrestre como la latitud, el tipo de superficie, cantidad de cielo cubierto de nubes, contenido de vapor de agua y aerosoles en la atmósfera, la rotación terrestre alrededor del sol y la dispersión de la radiación. Dentro del documento se menciona que los instrumentos mayormente utilizados para medir la radiación solar son los Heliógrafos, Piranógrafos y Piranómetros.

La investigación se desarrolló mediante el análisis de los datos obtenidos de ochenta estaciones radiométricas encontradas en el territorio costarricense, de información encontrada en el Instituto Meteorológico Nacional e Instituto Costarricense de Electricidad y de algunas mediciones experimentales realizadas por la Universidad Nacional. Con la información recopilada y empleando el software surfer 8, se generaron los mapas de radiación solar en cada uno de los distritos durante los 12 meses del año teniendo en cuenta las diferentes variables inmersas dentro del entorno, concluyendo así, que Costa Rica a pesar de ser un país montañoso, cuenta con algunas regiones sectorizadas que poseen la capacidad de permitir la gestión y desarrollo de proyectos solares, en el caso de este país el estudio recomienda a los entes gubernamentales de su momento actualizar en gran parte las redes y elementos tecnológicos para optimizar la red, por lo cual se puede determinar la importancia de este tipo de recursos.

Según Posso et al. (2014) en el documento “Estimación del potencial de energía solar en Venezuela utilizando sistemas de información geográfica” se tenía como fin estimar los niveles de radiación solar en Venezuela y así determinar su potencial energético solar; utilizó como eje cardinal la información de los registros de radiación solar de las 35 estaciones meteorológicas encontradas en territorio venezolano, los mapas del potencial solar y una base de datos elaborada en Microsoft Excel, obtenida del estudio y análisis de los datos encontrados en las instituciones anteriormente mencionadas.

Teniendo en cuenta toda la documentación, bases de datos, análisis y estudios se concluyó que el territorio venezolano cuenta con amplias extensiones territoriales que cuentan con óptimas condiciones para el desarrollo de estos proyectos, con un promedio de 5.1 kWh/m² día; siendo la franja costera la de mejores condiciones. Vale recalcar que el estudio contó con tropiezos por algunas falencias y diferencias encontradas entre las diferentes fuentes, por lo cual resalta la necesidad de contar con datos actualizados en sus respectivas bases, además de realizar estudios con las mejores condiciones posibles para que su nivel de eficacia y efectividad sea el mejor.

El artículo que resume la investigación “La Energía Solar Fotovoltaica en Colombia: potenciales, antecedentes y perspectivas” elaborado por Gómez (2017), uno de los estudios relacionados con la energía solar más completos desarrollados en el país, ya que desarrolla el análisis de diferentes elementos importantes para llevar a cabo un proyecto solar, entre los cuales se encuentran unos parámetros para seleccionar adecuadamente las células y módulos fotovoltaicos, las características de las celdas solares de silicio y arseniuro de galio más populares en el mercado, un listado con algunos fondos o instituciones que proveen apoyo financiero y técnico a los proyectos relacionados con la energía eléctrica, un listado de legislaciones y decretos colombianos para el sector eléctrico. Al final del artículo, concluye que Colombia, por su ubicación geográfica, condiciones climáticas y niveles de radiación, cuenta con condiciones ideales en algunas regiones para el desarrollo de proyectos solares de todo tipo de envergadura, pero que en la actualidad el país no ha aprovechado todo el potencial debido a la desinformación referente al tema por la población en general y la ausencia de incentivos por parte del gobierno.

En 2019 en Colombia se encontraban en operación 3 parques solares de grandes dimensiones, el primero de ellos el Celsia Solar Yumbo inaugurado en el 2017 en el Valle del Cauca con una capacidad de 9,8 MW, el segundo el Celsia Chicamocha Solar en 2018 ubicado en Santander con una capacidad total de 80 MW (CELSIA, 2019) y por último el más nuevo y grande parque solar llamado El Paso creado en 2019 ubicado en el Cesar con una capacidad de 86,2 MW (Revista Portafolio, 2019). Lo que quiere decir que a esa fecha Colombia contaba con 176 MW de capacidad de producción conectados al SIN, dejando abierta la posibilidad de desarrollar nuevos proyectos solares de grandes dimensiones y ampliar el porcentaje participación de esta fuente energética en la matriz nacional.

En el proyecto realizado por Castro (2010) se tenía como objetivo demostrar el potencial energético de la región Caribe Colombiana derivado de la radiación solar para su uso en sistemas renovables de energía. En el desarrollo de la investigación se tomó como base el potencial energético del Departamento del Atlántico, el cual se encuentra basado en los mapas de radiación solar de Colombia elaborados por el IDEAM. El estudio concluye que la región caribe posee un alto potencial para el desarrollo de proyectos fotovoltaicos; además, se obtuvo como resultado una metodología en donde se establecen algunos parámetros a tener en cuenta para la gestión de este tipo de proyectos como el nivel de radiación solar, la contaminación, la lluvia y el número de días consecutivos sin sol, también se describen características de algunos tipos de paneles fotovoltaicos, las baterías y la cantidad de paneles que se pueden utilizar de acuerdo a la demanda energética del proyecto.

Otra investigación que tiene por nombre “Estudio del potencial eólico y solar de Cúcuta, Norte de Santander”; tuvo como fin realizar un análisis comparativo de estas dos fuentes alternativas de energía, determinando así cual posee una mayor viabilidad para el desarrollo en la ciudad de Cúcuta, ya que según el estudio es necesario iniciar el traspaso a energías no convencionales debido al aumento de la demanda energética y los daños ambientales generados en la actualidad; el estudio pudo concluir que ambas energías alternativas son aptas para la gestión de proyectos en el departamento.

Con respecto a la energía solar, se determinó que el promedio de radiación (4,5KWh/m²), la intensidad y los días soleados en la región se unificaban de forma acorde, lo cual le permitía a la ciudad desarrollar proyectos energéticos basados en esta fuente de energía a

pesar de no poseer niveles de radiación ni intensidad solar tan altos como otras regiones, sin embargo, reúnen las condiciones mínimas para que la eficiencia energética justifique la realización de los proyectos (Leal y Hernández, 2013).

El estudio de Ojeda et al. (2017) se caracterizó por poseer dos enfoques principales, el primero de ellos es determinar el potencial eólico y solar que posee la región de la Guajira y por otro lado conocer cuáles son las necesidades que poseen las poblaciones indígenas en el Departamento en lo relacionado con las energías, y con ello unificar estos dos temas dando así solución a las necesidades energéticas con el potencial que cuentan en la Guajira a partir de fuentes alternativas. De esta investigación se recalca la importancia dada a la demanda energética de la población, la cual, dependiendo del objetivo del proyecto, influye en el tamaño de este y de las necesidades de los componentes técnicos del proyecto.

En línea con el factor poblacional, un elemento importante objeto de análisis para la viabilidad de los proyectos de energía solar, es el contexto y la percepción social de las poblaciones rurales que se encuentran expuestas en mayor medida a los efectos de la precariedad, la inequidad y las carencias. El estudio realizado por Arenas et al. (2017) demuestra cómo la carencia de acceso de información en temas de energías renovables y transición energética en las poblaciones marginales, impide que se cambien algunos estigmas muy arraigados en sus habitantes, como la creencia de que este tipo de energías son más costosas respecto a las convencionales o no son capaces de generar el rendimiento energético suficiente.

El componente social de los proyectos solares también debe comprender el contexto en el que históricamente se han envuelto las poblaciones de las zonas rurales tanto en el Departamento del Huila como en todo el país en general, puesto que incluso actualmente no hay acceso disponible a un servicio de energía eléctrica estable, asequible y de calidad en la red del SIN para toda la población colombiana, provocando que varias familias no tengan la capacidad de suplir esta necesidad básica en sus hogares. Algunas causas de este problema van desde las grandes distancias entre las redes de energía y las viviendas rurales tal como explicaron Artunduaga y Bermeo (2019), hasta situaciones más complejas como la presencia de grupos armados ilegales en el territorio colombiano, tal como explica Cabeza et al. (2018), tal es la situación, que los mismos autores precisaron que en el 2016 el 32% de la población nacional carecía de este servicio básico.

Respecto al factor financiero, el gran desarrollo de la Energía Solar FV ha logrado en los últimos años una reducción significativa en los costos de inversión y operación, según International Energy Agency [AIE], como se citó en Ortega (2016), en los seis años previos al 2014, fecha en la que fue publicado el documento, el precio de los sistemas fotovoltaicos se ha reducido en un 70% y en el caso de los módulos ha sido del 80%. En un caso local reciente, el Grupo Empresarial Nefrouros realizó una cotización con la empresa colombiana de desarrollo tecnológico en energía solar SUNNY APP S.A.S, con el fin de hacer un análisis de rendimiento financiero y energético al hacer la instalación de 142 células fotovoltaicas con capacidad de generación de 8,279 KWh/m² en unas bodegas de su propiedad en la zona industrial de Neiva ubicada en el sur, dando como resultado que el retorno de la inversión inicial de \$316,092,000 COP se daría solo en 4,8 años, gracias al ahorro mensual de \$5,340,664 COP generado por esta fuente de energía.

El documento “Atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono” (2017), es un elemento muy importante a tener en cuenta en este tipo de estudios; principalmente porque describe condiciones y variables relacionadas al tema para el desarrollo de proyectos solares tales como las tecnologías solares existentes, la normatividad respectiva, el número de horas de luz solar en el territorio nacional y los mapas mensuales de: radiación solar, radiación ultravioleta, brillo solar y ozono.

De este capítulo en rasgos generales, se puede concluir que las variables técnicas y estratégicas para estructurar un proyecto energético solar, tienen que ver mucho con el análisis de diferentes características geográficas del área donde se plantea construir el proyecto, tanto del clima y de la radiación solar como las propiedades de la superficie terrestre.

De igual forma se destaca la importancia de la facilidad de acceso a las distintas áreas que componen el territorio nacional, puesto que las vías de comunicación y transporte terrestre y el contexto social de las poblaciones cercanas al área del proyecto repercuten en la eficiencia de la ejecución del proyecto.

Asimismo, dependiendo de los objetivos que quiera lograr el proyecto, se toman decisiones respecto a su tamaño ideal, los requerimientos de equipos técnicos y demás

componentes de los sistemas solares fotovoltaicos de acuerdo a su nivel de eficiencia energética, sus funciones, propiedades, ventajas y limitantes que puedan tener.

Finalmente, parte de los lineamientos para estructurar proyectos solares fotovoltaicos e interconectarlos al SIN, se encuentran ligados a los procedimientos descritos en la documentación normativa colombiana (leyes, decretos, resoluciones y normas técnicas) para el sector eléctrico.

En el desarrollo de este capítulo se encontró la gran limitante de haber pocas investigaciones respecto a la energía solar y los proyectos solares realizadas en el Departamento del Huila. Se conoce a grandes rasgos que cuenta con ventajas comparativas respecto a otras regiones al encontrarse dentro de la región andina, la cual según el MINMINAS y la UPME (2015) posee un alto nivel de radiación promedio de 4,6 KWh/m² y presenta una gran cantidad de días soleados a lo largo del año.

8. Análisis e Interrelación de las Metodologías de Gestión de Proyectos PMI, PRINCE2 y SCRUM en una Propuesta híbrida para Proyectos Solares Fotovoltaicos

8.1 PMI

El PMBOK® (Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos y el Estándar para la Dirección de Proyectos), del Project Management Institute (2021), es un marco de trabajo (metodología) que sirve como insumo a los profesionales para cada una de las etapas del ciclo de un proyecto.

8.1.1 Principios del PMBOK®

Esta metodología plantea unos principios generales, cuyo objetivo es orientar sobre las mejores prácticas de gerencia de proyectos a los profesionales involucrados en los proyectos para una gestión integral en diferentes sectores de la economía.

Tabla 12

12 Principios de la Dirección de Proyectos (PMBOK®)

N°	Principio
1.	Ser un administrador diligente, respetuoso y cuidadoso: Llevar a cabo las actividades con integridad, cuidado y confiabilidad, y con compromiso hacia los impactos financieros, sociales y ambientales.
2.	Crear un entorno colaborativo del equipo del proyecto: Conformado por personas con diversas habilidades y experiencia, comprometidas con el trabajo en equipo de alto rendimiento.
3.	Involucrarse eficazmente con los interesados: Tener muy en cuenta a los interesados del proyecto (Stakeholders) como un factor clave de éxito.

N°	Principio
4.	Enfocarse en el valor: La atención se centra en los objetivos del negocio, los beneficios esperados y el valor previsto.
5.	Reconocer, evaluar y responder a las interacciones del sistema: Reconocer, evaluar y responder a las circunstancias dinámicas dentro y alrededor del proyecto.
6.	Demostrar comportamientos de liderazgo: Para apoyar las necesidades individuales y de equipo.
7.	Adaptar en función del contexto: Diseñar el enfoque de desarrollo del proyecto basado en el contexto y necesidades específicas del mismo.
8.	Incorporar la calidad en los procesos y los entregables: Garantizar el cumplimiento de los requisitos de aceptación establecidos por los interesados clave.
9.	Navegar en la complejidad: Evaluar y navegar el comportamiento humano, las interacciones de los sistemas, la incertidumbre y la ambigüedad.
10.	Optimizar las respuestas a los riesgos: Evaluar de forma continua la exposición al riesgo, tanto de amenazas como oportunidades.

N°	Principio
11.	Adoptar la adaptabilidad y la resiliencia: Para dar respuesta a los cambios que se lleguen a dar durante el proyecto.
12.	Permitir el cambio para lograr el estado futuro previsto: Preparar a las personas, equipos y organización para la adopción de comportamientos y procesos nuevos y diferentes.

Fuente. Elaboración propia. Con información tomada del capítulo 3 “Principios de la Dirección de Proyectos” del Estándar para la Dirección de Proyectos, PMBOK® Séptima Edición, 2021

8.1.2 Dominios de Desempeño del PMBOK®

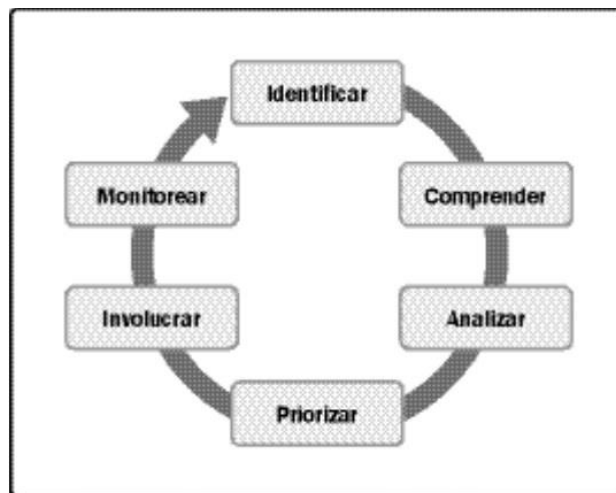
El PMBOK® emplea ocho áreas de énfasis para la gestión de proyectos llamadas dominios de desempeño del proyecto, los cuales están conformados por un grupo de actividades por cada dominio, que en conjunto funcionan de forma interdependiente y unificada a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

8.1.2.1 Dominio de Desempeño de los Interesados. Agrupa las actividades correspondientes a la identificación y evaluación de todos los interesados del proyecto que estén a favor o en contra del mismo, si son internos o externos a la organización o el equipo del proyecto y la influencia y poder que tiene cada uno sobre el desempeño del proyecto. Este proceso requiere además del uso de técnicas o herramientas para identificarlos, el dominio de ciertas habilidades interpersonales y de liderazgo para involucrarlos participativamente en la planeación y ejecución del proyecto.

El proceso de involucramiento de las partes interesadas, sigue un orden lógico que empieza con la identificación inicial de todos los interesados, la comprensión y análisis de sus sentimientos, creencias y expectativas respecto al proyecto; la priorización de aquellos con un mayor poder e interés sobre el mismo; finalmente, concluye con el involucramiento activo de los interesados de mayor impacto. Se debe realizar monitoreo constante a este proceso a medida en que avanza el proyecto, en búsqueda de posibles alteraciones como la aparición de nuevos interesados o algún cambio en las expectativas o intereses de los identificados anteriormente.

Ilustración 22

Ciclo del Involucramiento de los Interesados



Fuente. Tomado del subcapítulo 2.1 “Dominio de Desempeño de los Interesados” de la Guía de los Fundamentos Para la Dirección de Proyectos, PMBOK® Séptima Edición, 2021

8.1.2.2 Dominio de Desempeño del Equipo. Corresponde a las actividades de capacitación, entrenamiento, mentoría o coaching en aras de desarrollar habilidades y conocimientos del equipo de trabajo para un proyecto en específico, y de esta forma puedan llevar a cabo de mejor manera los roles y responsabilidades que les fueron asignados.

El desarrollo de las habilidades interpersonales también contribuye significativamente en el desempeño del proyecto, la adaptabilidad y la resiliencia por ejemplo son elementos clave para responder activamente a los cambios en el entorno y a los problemas que se puedan presentar, así mismo, la inteligencia emocional y el liderazgo fortalece el entendimiento entre los miembros del equipo y el trabajo enfocado a la visión del proyecto.

8.1.2.3 Dominio de Desempeño del Enfoque de Desarrollo y del Ciclo de Vida. En este dominio se tratan aspectos correspondientes a la frecuencia de entrega de los productos, el enfoque de desarrollo y ciclo de vida del proyecto.

Con el fin de generar valor para el cliente o usuario final, los entregables se convierten en los medios para generar dicho valor; por lo tanto, se debe definir al comienzo del proyecto si se va a realizar una única entrega de productos al final de la ejecución del proyecto, entregas múltiples con tiempos de desarrollo diferente para cada producto, o entregas periódicas bajo un cronograma de entrega fijo.

El enfoque de desarrollo se refiere a la forma en cómo se desarrollará el proyecto durante su ciclo de vida, puesto que un enfoque tradicional como el de tipo predictivo (también llamado cascada) es más útil para aquellos proyectos cuyo alcance, cronograma, costo, necesidades de recursos y riesgos se definen en las primeras fases del proyecto y en general gran parte de la planificación se realiza por adelantado; mientras que por otra parte, un enfoque ágil como el adaptativo (también llamado evolutivo) funciona mejor en proyectos que no requieren una planeación inicial tan robusta o cuyos entregables se van definiendo a medida que se va trabajando en ellos. Incluso se podría adaptar un enfoque de desarrollo híbrido, tomando los elementos de cada enfoque que el equipo del proyecto considere más convenientes.

8.1.2.4 Dominio de Desempeño de la Planificación. En este dominio se incluyen las actividades relacionadas a la planeación del proyecto para que los requisitos del proyecto se transformen en entregables capaces de generar los resultados deseados.

8.1.2.5 Dominio de Desempeño del Trabajo del Proyecto. Este dominio consiste en el establecimiento de los procesos adecuados para desarrollar el proyecto de forma eficiente respecto a los requerimientos de los Stakeholders. Este dominio incluye el establecimiento de sistemas y procesos de proyectos eficientes y la gestión de los recursos físicos.

8.1.2.6 Dominio de Desempeño de la Entrega. En este dominio se abordan las actividades asociadas a la entrega del alcance del proyecto, cumpliendo con los requisitos, políticas y estándares de calidad previamente definidos con el fin de materializar el valor generado a través de los entregables.

8.1.2.7 Dominio de Desempeño de la Medición. En este se encuentran las actividades asociadas a la medición del desempeño de los proyectos, es decir que se evalúa en qué medida el dominio de desempeño de la entrega está cumpliendo con las métricas identificadas en el dominio de la planificación.

Para llevar a cabo dicho proceso evaluativo se utilizan comúnmente indicadores clave de desempeño (KPI), estos tienen como finalidad medir de forma cuantificable el desempeño sobre los entregables, el valor del negocio, la satisfacción de los interesados del proyecto, el cronograma, los costos y como un subconjunto de los costos, los recursos.

8.1.2.8 Dominio de Desempeño de la Incertidumbre. En este último desempeño se tienen en consideración las actividades asociadas al riesgo y la incertidumbre, los equipos de proyecto deben dedicar un esfuerzo proactivo a comprender de qué forma los riesgos podrían afectar el éxito del mismo, para lo cual se debe hacer un proceso de identificación, análisis y evaluación de riesgos y determinar cómo abordarlos cuando se presenten.

8.1.3 Grupos de Procesos del PMBOK®

El PMBOK® establece un grupo de procesos de la dirección de proyectos, los cuales son el agrupamiento lógico de las entradas, herramientas, técnicas y salidas que interactúan dentro de cada fase del ciclo de vida de un proyecto, que generalmente está compuesto por las fases de viabilidad, diseño, construcción, prueba, despliegue y cierre, ya sea si dichas fases tengan un enfoque de desarrollo lineal (enfoque predictivo) o iterativo (enfoque adaptativo).

Tabla 13
Grupos de Procesos (PMBOK®)

Proceso	Definición
Inicio	Procesos realizados para definir un nuevo proyecto o la nueva fase de un proyecto al obtener la autorización para iniciarse.
Planificación	Procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, los objetivos y definir el curso de acción para alcanzar dichos objetivos.
Ejecución	Procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan de cada fase y del proyecto en general.
Monitoreo y Control	Procesos requeridos para hacer seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, identificar cambios requeridos e implementarlos.

Cierre	Procesos llevados a cabo para cerrar formalmente un proyecto, fase o contrato.
--------	--

Fuente. Información tomada del subcapítulo 4.2 “Modelos Comúnmente Utilizados” de la Guía de los Fundamentos Para la Dirección de Proyectos, PMBOK® Séptima Edición, 2021

8.2 PRINCE2

PRINCE2 (Projects in a Controlled Environment) perteneciente a la Office of Government Commerce (2009) es una metodología aplicable a la mayoría proyectos, la cual surge en 1989 por parte del Gobierno de Londres inicialmente para el manejo de sistemas de la información. A diferencia de metodologías como la SCRUM, presenta un enfoque de desarrollo de tipo predictivo, en donde se da un mayor énfasis a la planificación inicial que guiará la ruta a seguir durante el ciclo de vida del proyecto.

8.2.1 Principios de PRINCE2

PRINCE2 al igual que el PMBOK®, maneja unos principios que proporcionan un marco de buenas prácticas que definen y aseguran el éxito del Proyecto.

Tabla 14

7 Principios de PRINCE2

N°	Principio
1.	Justificación comercial continua: los objetivos financieros y los beneficios esperados deben ser justificables al inicio y a lo largo de la vida del proyecto.
2.	Aprender de la experiencia: consultar proyectos similares anteriores y poner en práctica las lecciones aprendidas.
3.	

N°	Principio
	Roles y responsabilidades definidos: para todos los miembros que participarán en el proyecto.
4.	Gestión por fases: el proyecto se divide en una serie de fases de gestión, se usan como punto de control para evaluar el estado y progreso del proyecto al final de cada fase.
5.	Gestión por excepción: Un proyecto PRINCE2 tiene tolerancias definidas para cada objetivo del proyecto, a fin de establecer límites permisibles de desfase para el costo, tiempo, calidad, alcance y los beneficios.
6.	Enfoque en los productos: la atención se centra en la exigencia de calidad de los productos/resultados del proyecto.
7.	Adaptación para corresponder al entorno del proyecto: PRINCE2 se adapta para corresponder al tamaño, complejidad, importancia, capacidad y nivel de riesgo específico de cada proyecto.

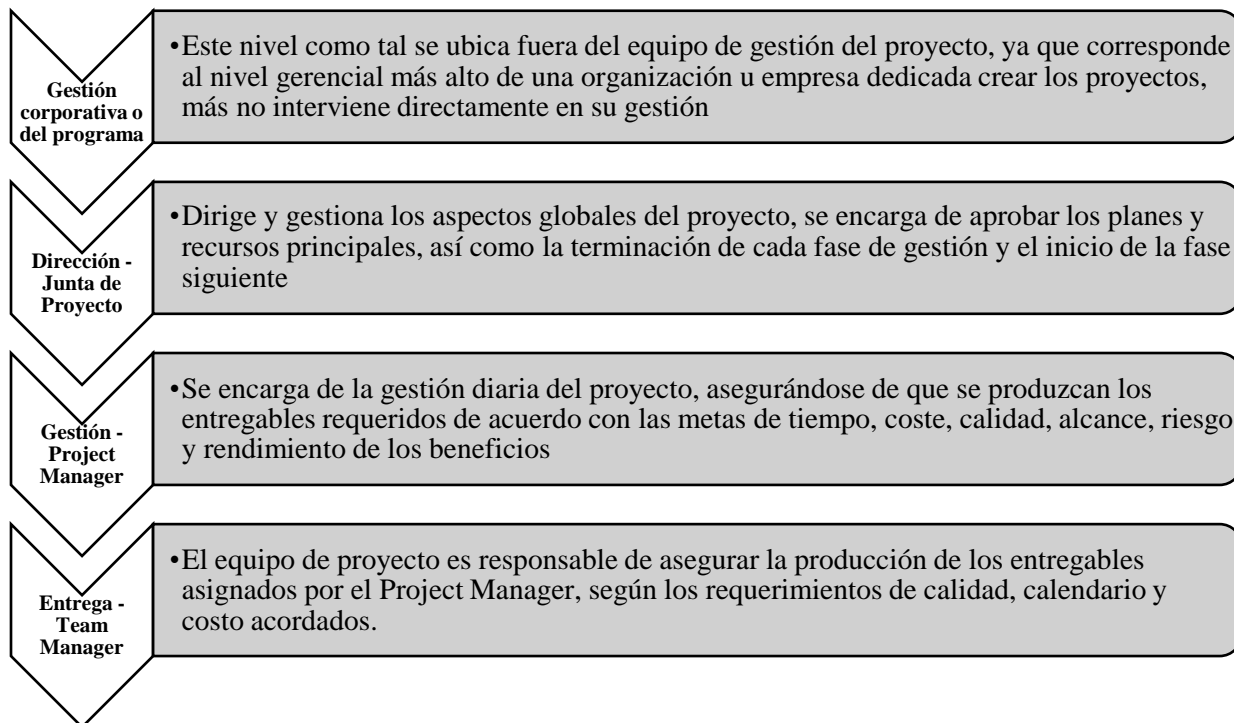
Fuente. Elaboración propia. Con información tomada del capítulo 2 “Principios”, del Éxito en la Gestión de Proyectos con PRINCE2, Quinta Edición, 2009

8.2.2 Estructura de la Organización en la Gestión del Proyecto

Para PRINCE2, el nivel de responsabilidad de la gestión del proyecto viene dada por una estructura jerárquica de cuatro eslabones, en la que de forma descendente la toma de decisiones y las funciones a ejercer pasan de ser estratégicas a cargo de la alta gerencia hasta las más operativas. En el siguiente esquema, se exponen los cuatro niveles de la estructura de gestión del proyecto y las responsabilidades asociadas a cada uno de ellos:

Ilustración 23

Niveles de Organización en la Estructura de Gestión del Proyecto



Fuente. Elaboración propia. Con información del subcapítulo 5.3 “El enfoque de la organización según PRINCE2”, del Éxito en la Gestión de Proyectos con PRINCE2, Quinta Edición, 2009

8.2.3 Temáticas de Prince2

Los dominios de desempeño utilizados en el PMI se manejan como temáticas dentro de PRINCE2, y de igual forma, describen elementos clave a considerar para la aplicación eficiente de esta metodología.

8.2.3.1 Business Case. Es el documento que proporciona información sobre la justificación inicial y continua del proyecto, puesto que, para los Stakeholders, el proyecto se debe mantener deseable (equilibrio entre coste/beneficio/riesgo), viable (el proyecto puede entregar los productos) y alcanzable (los productos pueden proporcionar los beneficios) en todo momento.

El Business Case se desarrolla al inicio del proyecto y se mantiene presente durante todo el ciclo, su contenido normalmente está compuesto por un resumen ejecutivo, las razones por las cuales se requiere el proyecto, las opciones comerciales, los beneficios esperados, los contra beneficios previstos, el calendario y los costos, la evaluación de la inversión (cantidad fija de

años o la vida útil de los productos) y los riesgos principales del proyecto. El Business Case se verifica por la Junta de Proyecto en cada uno de los puntos de control o fases de gestión establecidos y se evalúa si vale la pena continuar desarrollándolo.

8.2.3.2 Organización. Trata todo lo referente a la estructura del equipo de trabajo, en la que se describen los roles y responsabilidades asociadas a cada miembro del proyecto y se establecen las metas, límites de autoridad, relaciones, habilidades, conocimientos y experiencias requeridas.

Dentro de esta temática se encuentran además las actividades relacionadas a las necesidades de capacitación especializadas en caso de que los miembros del equipo del proyecto necesiten llenar vacíos de conocimiento que les impidan completar las tareas asignadas, y también de las actividades que fomenten la participación de las partes interesadas del proyecto.

8.2.3.3 Calidad. Su propósito es definir e implementar los medios con los que se verificarán si los entregables del proyecto cumplen con las expectativas y son capaces de satisfacer las necesidades del cliente. Para planificar la calidad, el orden secuencial de actividades empieza con la definición de los entregables, de los criterios de calidad con los que se evaluarán, de los métodos de calidad que se deben usar para su diseño y de las responsabilidades de calidad de los participantes en el proyecto; para garantizar la calidad en cambio, se requiere de un seguimiento de los métodos de calidad empleados durante el proyecto.

Una actividad fundamental para el proceso de calidad es la elaboración de los criterios de aceptación de los productos, una lista ordenada según la prioridad de los atributos y características que deben poseer los entregables para recibir la aceptación de los Stakeholders, el cumplimiento satisfactorio de esos criterios indica que el proyecto se ha desarrollado de acuerdo a las expectativas de los interesados.

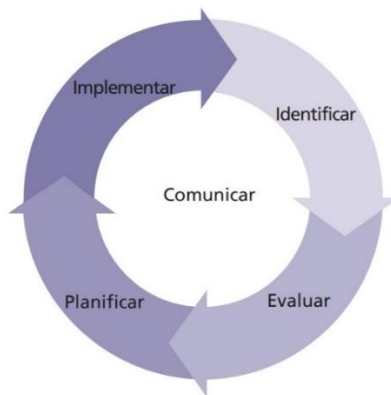
8.2.3.4 Planes. Esta temática tiene una estrecha relación con la planificación del rendimiento del tiempo, costos, alcance y calidad del proyecto, generando los medios para entregar los productos y dando respuesta a preguntas como qué se debe hacer, quién lo va a hacer y cuándo se va a hacer.

8.2.3.5 Riesgo. Contempla las actividades correspondientes a la gestión del riesgo, mediante las herramientas y procedimientos encargados de identificar, evaluar y controlar los

riesgos que puedan afectar de forma positiva o negativa a los objetivos del proyecto, planificando e implementando acciones de respuesta a los riesgos percibidos.

Ilustración 24

Procedimiento de Gestión del Riesgo



Fuente. Tomado del subcapítulo 8.3 “EL ENFOQUE DE PRINCE2 HACIA EL RIESGO”, del Éxito en la Gestión de Proyectos con PRINCE2, Quinta Edición, 2009

Dentro del presupuesto del proyecto se debe destinar una suma de dinero reservada únicamente a la gestión de riesgos, dicho valor se utilizará para financiar las respuestas de gestión a las amenazas y oportunidades que se presenten durante la ejecución del proyecto.

8.2.3.6 Cambio. Se encarga de las actividades que anticipan la aparición de imprevistos o cuestiones durante toda la vida del proyecto y establecen una serie de estrategias para darles respuesta. Para que el control de cambios y cuestiones sea efectivo, es necesario establecer un sistema de gestión de la configuración que controle el progreso por medio de productos de gestión.

Los productos de gestión que ayudan al Project Manager a controlar el progreso son:

- **Plan de proyecto:** Plan que contiene las metas de rendimiento y las tolerancias a nivel de proyecto.
- **Planes de fase:** Plan con información sobre las actividades a realizar en una fase de gestión, sus calendarios y los recursos necesarios para llevarlas a cabo.
- **Plan de excepción:** Plan con las actividades a realizar cuando se prevé que un plan de fase o el plan de proyecto excederá los niveles de tolerancia establecidos.

- **Paquetes de trabajo:** Contiene la información detallada sobre los trabajos que se deben completar durante una fase junto a sus tolerancias.

Los productos de gestión que ayudan a revisar el progreso son:

- **El archivo diario:** Registro usado para anotar cuestiones informales o acciones pequeñas que no se registran en otros registros o archivos formales.
- **Registro de cuestiones:** Contiene información sobre cuestiones formales planteadas durante el proyecto como por ejemplo las solicitudes de cambio.
- **Informe sobre el estado de los productos:** Informe que muestra el estado de los productos dentro del proyecto o una fase de gestión específica respecto a las fechas planificadas.
- **Registro de calidad:** Documento que contiene todas las actividades de calidad planificadas e implementadas.
- **Registro de riesgos:** Documento que contiene todos los riesgos identificados en el proyecto.

Los productos de gestión que ayudan a informar sobre el progreso son:

- **Informe del punto de control:** Provee información sobre el progreso del trabajo realizado respecto al paquete de trabajo acordado.
- **Informe de desarrollo:** Informe elaborado por el Project manager para comunicarle a la junta del proyecto el estado de la fase actual en comparación al plan de fase.
- **Informe al final de fase:** Informe elaborado por el Project manager al final de cada fase de gestión para comunicarle a la junta el progreso hasta la fecha y la situación del proyecto en general.
- **Informe al final de proyecto:** Informe elaborado por el Project manager al final del proyecto para que la junta evalúe el proyecto y autorice su cierre.

El proceso general para incorporar cambios que superen las tolerancias permitidas es por medio del Project Manager, quién se encarga de elaborar una propuesta de cambio a los niveles superiores de gestión, los cuales a su vez evalúan el impacto de dicho cambio para el proyecto,

en caso de considerar pertinente su implementación, será responsabilidad del Project manager implementarlo.

8.2.3.7 Progreso. El fin de esta temática es el establecimiento de mecanismos que midan el progreso real del rendimiento del tiempo, costo, calidad, alcance, beneficios y riesgos del proyecto comparado a lo planificado. Los controles aplicados al progreso se pueden realizar al final de cada fase o de forma periódica con intervalos de tiempo entre cada control pre establecidos.

8.2.4 Procesos y Actividades de Prince2

Estos principios y temáticas se ven materializados en la sección de procesos de PRINCE2, en estos se enlistan las actividades específicas de cada proceso a lo largo del ciclo del proyecto. En la siguiente tabla se encuentran los siete procesos principales de la metodología junto a sus actividades principales:

Tabla 15

Los Procesos y Actividades de PRINCE2

Proceso	Componentes
Puesta en marcha del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Nombrar el Ejecutivo y el Project Manager. • Diseñar y nombrar el equipo de gestión del proyecto. • Preparar el Business Case preliminar. • Confirmar el alcance del proyecto, los objetivos y resultados finales deseado.
Dirección del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Autorizar el inicio del proyecto. • Autorizar un Plan de la Fase o de excepción. • Autorizar el cierre del proyecto (última actividad realizada por la junta del proyecto).

Proceso	Componentes
Inicio del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar la Estrategia de Gestión del Riesgo. • Preparar la Estrategia de Gestión de la Configuración. • Preparar la Estrategia de Gestión de la Calidad. • Establecer los controles del proyecto. • Crear el Plan de Proyecto. • Perfeccionar el Business Case. • Preparar la Documentación de Inicio del Proyecto.
Control de una fase	<ul style="list-style-type: none"> • Autorizar un Paquete de Trabajo. • Revisar el estado del Paquete de Trabajo. • Recibir el Paquete de Trabajo completado. • Revisar el estado de la fase. • Registrar y examinar cuestiones y riesgos. • Llevar a cabo rectificaciones.
Gestión de la entrega de productos	<ul style="list-style-type: none"> • Aceptar un Paquete de Trabajo. • Ejecutar un Paquete de Trabajo. • Entregar un Paquete de Trabajo.
Gestión de los límites de fase	<ul style="list-style-type: none"> • Planificar la fase siguiente. • Actualizar el Plan de Proyecto. • Actualizar el Business Case. • Informar sobre el final de fase. • Elaborar un Plan de Excepción.

Proceso	Componentes
Cierre de un proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar el cierre planificado. • Entregar los productos. • Evaluar el proyecto. • Recomendar el cierre del proyecto.

Fuente. Elaboración propia. Con información tomada de los capítulos 12 al 18 del Éxito en la Gestión de Proyectos con PRINCE2, Quinta Edición, 2009

8.3 SCRUM

Marco de trabajo para proyectos que inicialmente fue diseñado como metodología ágil para proyectos relacionados con el desarrollo de software. Esta metodología tiene un enfoque de desarrollo adaptativo y, por tanto, no necesita de una planificación inicial exhaustiva a excepción de una documentación mínima requerida, su énfasis está dirigido principalmente a las personas en lugar de los procesos o los productos, esto quiere decir que aspectos como la garantía de calidad está centrada sobre los clientes y la participación de los interesados durante el proyecto es bastante alta.

La filosofía fundamental de SCRUM es “el uso de equipos inter funcionales, auto organizados y empoderados que dividen su trabajo en ciclos de trabajo cortos y concentrados llamados Sprints” (Tridibesh, 2017).

8.3.1 Principios de SCRUM

Al igual que en PMI y PRINCE2, SCRUM propone unos principios fundamentales que se presentan a continuación:

Tabla 16
Los Principios de SCRUM

N°	Principio
1.	

N°	Principio
	Control del proceso empírico: Las decisiones se basan en la observación de las iteraciones a lo largo del proyecto, en lugar de una planificación inicial muy detallada.
2.	Auto-organización: La subordinación sobre el equipo de trabajo no es estricta, otorgándoles mayor independencia sin desconocer el compromiso y su responsabilidad frente a la visión del proyecto.
3.	Colaboración: El equipo de trabajo SCRUM trabaja en conjunto con los interesados del proyecto para crear los entregables y conseguir los resultados esperados.
4.	Priorización basada en valor: El máximo valor del negocio se obtiene al entender qué es lo que quiere el cliente, priorizando los requisitos de mayor valor para el mismo.
5.	Time-boxing: La asignación de una cantidad de tiempo fijo para cada proceso y actividad en el proyecto.
6.	Desarrollo iterativo: El proyecto se ejecuta y va maximizando su valor con el paso de cada iteración o Sprint, haciendo una debida retroalimentación al final de cada iteración.

Fuente. Elaboración propia. Con información tomada del capítulo 2 “Principios”, de una guía para el CUERPO DE CONOCIMIENTO DE SCRUM (GUÍA SBOK), Tercera Edición, 2017

Los time box y el desarrollo iterativo en especial, se consolidan como unos de los principios fundamentales para SCRUM ya que sus procesos se componen de un listado de eventos fijos con un tiempo asignado para llevarlos a cabo y se realizan de forma repetitiva en

cada uno de los Sprints que compone el proyecto. Los cinco eventos que componen cada Sprint son los siguientes:

- **Reunión de planificación del Sprint:** Reunión con time-box de 8 horas en la que el product owner identifica las historias de usuario o los requerimientos del Backlog del producto de más alta prioridad y las convierte en el Sprint Backlog, la lista de tareas que realizará el equipo SCRUM en el siguiente Sprint.
- **Sprint:** iteración o también llamada fase, con un time-box de 4 a 6 semanas, en las cuales el equipo de trabajo SCRUM trabaja en crear los entregables definidos en un Backlog Priorizado de Producto para ese Sprint específico.
- **Daily Standup:** Reunión diaria con un time-box de 15 minutos en la que los miembros del equipo miden el avance del proyecto.
- **Reunión de revisión del Sprint:** Reunión con un time-box de 4 horas que se realiza al final de cada Sprint, en la cual el equipo SCRUM presenta los entregables del sprint actual al product owner, y este los aprueba o rechaza de acuerdo a los criterios de aceptación acordados para dichos entregables.
- **Reunión de retrospectiva del sprint:** Reunión con un time-box de 4 horas que se realiza igualmente al final de cada Sprint, en la cual se hace retroalimentación sobre el Sprint terminado con el fin de mejorar los sprint futuros.

8.3.2 Aspectos de SCRUM

La metodología SCRUM también domina unos ejes temáticos llamados aspectos para la gestión de proyectos acorde a los principios básicos descritos en la sección anterior. Los cinco aspectos manejados por SCRUM son:

8.3.2.1 Organización. En este aspecto se abordan los roles centrales (responsables de crear el producto, del éxito de cada sprint y del proyecto en general) y no centrales (interactúan con el equipo, pero no tienen ninguna función formal en este y no son responsables del éxito del proyecto) para conformar un equipo SCRUM de alto rendimiento, además de las responsabilidades correspondientes a cada rol.

Tabla 17

Roles Centrales Vs Roles No Centrales de SCRUM

Roles centrales	Roles no centrales
<p>Product Owner: Elabora en conjunto con los interesados la visión del proyecto, toma nota de sus requerimientos para los entregables del Sprint (Historia de usuario) y las organiza en un listado priorizado (Product Backlog), se encarga de crear el equipo SCRUM y compartirles el product backlog para definir las metas para el Sprint. También revisa los entregables al final de cada Sprint y los aprueba o rechaza de acuerdo a los criterios de aceptación acordados.</p>	<p>Stakeholders: Grupo de clientes, usuarios y patrocinadores interesados en el proyecto</p>
<p>SCRUM Master: Miembro designado del equipo SCRUM, encargado de propiciar un ambiente de trabajo productivo para el desarrollo de los entregables, eliminar cualquier impedimento que tenga el equipo y se asegura del seguimiento de los procesos SCRUM.</p>	<p>Vendedores: Individuos u organizaciones externas que ofrecen productos y servicios no incluidos dentro de las competencias básicas de la empresa</p>
<p>Equipo SCRUM: Grupo de personas responsable de la creación de los entregables del proyecto, se recomienda que el equipo SCRUM se componga entre 6 a 10 miembros, de ser necesario se les darán capacitaciones a los miembros del equipo en un área o competencia particular. Puede haber varios equipos SCRUM dentro del proyecto.</p>	<p>SCRUM Guidance Body: Conjunto de documentos y/o un grupo de expertos que normalmente están involucrados en la definición de los objetivos relacionados con la calidad, las regulaciones gubernamentales, la seguridad y otros parámetros claves de la organización.</p>

Fuente. Elaboración propia. Con información tomada del subcapítulo 1.4 “Framework de la Guía SBOK”, de una guía para el CUERPO DE CONOCIMIENTO DE SCRUM (GUÍA SBOK), Tercera Edición, 2017

8.3.2.2 Justificación del Negocio. En esta sección se justifican los motivos para desarrollar el proyecto tanto en su inicio como a lo largo de su ciclo de vida, generalmente representados en un caso de negocio (Business Case). La evaluación económica que justifica si la realización del proyecto es viable financieramente para los patrocinadores, se puede realizar mediante algunas técnicas ampliamente utilizadas por distintas metodologías de proyecto como el Retorno sobre la inversión (RSI), el Valor Presente Neto (VPN) o la Tasa Interna de Retorno (TIR).

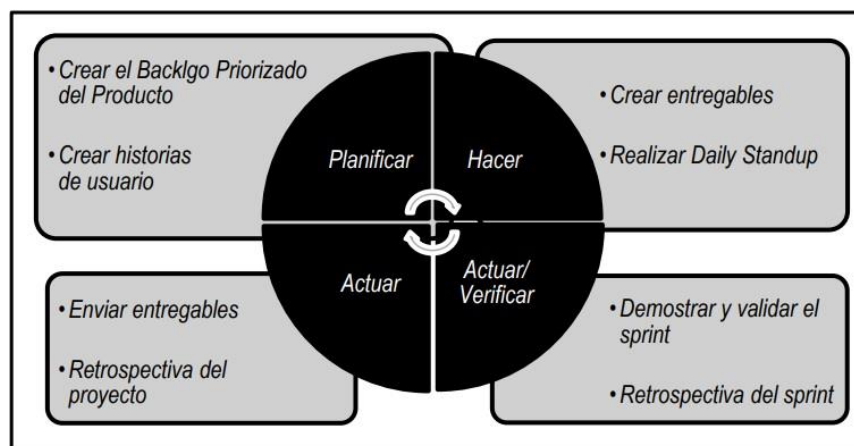
Para evaluar si el proyecto sigue justificando su inversión a lo largo del ciclo de vida, se pueden utilizar técnicas como el Análisis de Valor Ganado (AVG), el cual permite hacer un análisis del rendimiento del costo y tiempo del proyecto respecto a un punto previsto, generalmente al final de cada Sprint.

8.3.2.3 Calidad. Para SCRUM el gran énfasis que se le da a los requerimientos de los interesados, además de manejar un enfoque de planeación y desarrollo basado en los Sprint o iteraciones, permite que la calidad adquiera un enfoque incremental al realizar retroalimentación constante sobre los problemas presentados durante la creación de los entregables, reduciendo continuamente la brecha entre los requerimientos de los clientes y los entregables terminados.

Durante un Sprint se puede dar el caso en que algunos entregables se rechacen por no cumplir a cabalidad con los criterios de aceptación de los clientes en el Backlog Priorizado del Producto, esto no significa que el proyecto deba paralizarse hasta corregirlo, sino que adoptan un nivel de prioridad alto dentro del Backlog del siguiente Sprint.

El ciclo Deming o PHVA es un método de la evaluación de la calidad que es sinérgica con la forma en que se procura cumplir con el Backlog Priorizado de cada Sprint y tiene una gran aplicabilidad en SCRUM, resumiéndola en la planificación de las historias de usuario y el Backlog del Producto, la creación de los entregables, la verificación del cumplimiento de los requerimientos de calidad y su final envío.

Ilustración 25
Ciclo Deming (PHVA)



Fuente. Tomado del subcapítulo 5.5 “Gestión de Calidad en Scrum”, de una guía para el CUERPO DE CONOCIMIENTO DE SCRUM (GUÍA SBOK), Tercera Edición, 2017

8.3.2.4 Cambio. En parte que la metodología SCRUM sea de enfoque adaptativo se debe a la alta tolerancia a los cambios durante el ciclo de vida del proyecto, y es precisamente gracias al proceso iterativo de creación de entregables ya sea por algún nuevo requerimiento de algún interesado o cambios en el entorno externo del proyecto, por ejemplo, se puede adaptar el cambio dentro del Backlog Priorizado de producto para un Sprint siguiente.

Para adaptar cualquier cambio que se necesite, se hace la aprobación formal por parte del Product Owner de una solicitud de cambio y se incluye dentro del Backlog Priorizado del Producto para el próximo Sprint en caso de no ser muy significativo, también puede ocurrir que se requiera dar por terminado el Sprint actual si dicho cambio representa una situación urgente para el proyecto. Generalmente no se permiten hacer cambios durante la ejecución de un Sprint para no interrumpir las actividades programadas y el equipo no se someta a confusiones innecesarias.

8.3.2.5 Riesgo. SCRUM maneja un concepto acerca del riesgo similar al de PRINCE2 e igualmente el procedimiento de gestión de riesgos se compone secuencialmente por la identificación, evaluación, priorización, mitigación y comunicación de estos, la diferencia se encuentra en la forma en cómo se manejan los riesgos dentro de sus actividades, puesto que para SCRUM los riesgos priorizados que serán abordados se incluyen dentro del Backlog del producto al inicio de cada Sprint.

8.3.3 Procesos y Actividades de Scrum. Los principios y aspectos de SCRUM, al igual como ocurre en Prince2, definen los procesos y actividades necesarios para realizar la gestión

paso a paso del proyecto siguiendo los fundamentos de esta metodología. Por la naturaleza iterativa de los eventos dentro de SCRUM, se marcan con un * a las actividades de la siguiente tabla que se realizan en cada uno de los Sprints del proyecto:

Tabla 18

Los Procesos y Actividades de SCRUM

Proceso	Componentes
Inicio	<ul style="list-style-type: none"> • Crear la visión del proyecto a partir del caso de negocio (Business Case). • Identificación del product owner. • Identificación de los Stakeholders (Interesados) • Definición de los roles y responsabilidades del Equipo SCRUM. • Selección del Equipo SCRUM y del SCRUM Master. • Crear el Backlog Priorizado del Producto inicial. • Determinar la duración de los Sprints. • Redactar el acta constitutiva del proyecto. • Redactar el documento de presupuesto del proyecto.
Planificación y estimación	<ul style="list-style-type: none"> • Crear historias de usuario y los criterios de aceptación*. • Identificar y establecer las dependencias de tareas a partir de las historias de usuario para el sprint*. • Estimar el esfuerzo necesario para desarrollar las tareas*. • Crear el Sprint Backlog*. • Crear el Sprint Burndown Chart, una gráfica que muestra el progreso del equipo respecto al trabajo pendiente del Sprint.
	<ul style="list-style-type: none"> • Crear los entregables del Sprint*.

Proceso	Componentes
Implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar Daily Standup*. • Actualizar el Backlog Priorizado del Producto*.
Revisión y retrospectiva	<ul style="list-style-type: none"> • Demostrar y validar el Sprint mediante la reunión de revisión del Sprint*. • Aceptar o rechazar los entregables*. • Realizar la reunión de retrospectiva del Sprint*.
Lanzamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Enviar los entregables aceptados a los Stakeholders. • Creación del acuerdo de entregables funcionales que fueron aceptados y reciben un cierre formal. • Realizar reunión de retrospectiva del proyecto.

Fuente. Elaboración propia. Con información tomada de los capítulos 8 al 12, de una guía para el CUERPO DE CONOCIMIENTO DE SCRUM (GUÍA SBOK), Tercera Edición, 2017

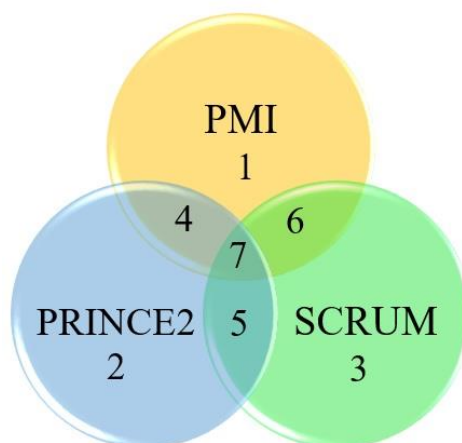
8.4 Propuesta Híbrida para el Desarrollo de Proyectos Energéticos Solares Fotovoltaicos

Luego de indagar sobre la información relacionada con el tema y realizar el respectivo trabajo de campo en el marco del desarrollo de la investigación, se logró determinar que no existe una metodología exclusiva utilizada para la estructuración y desarrollo de proyectos energéticos solares fotovoltaicos; por lo tanto, tomando como base a las principales características y particularidades de este tipo de proyectos, se procedió a evaluar la estructura y el contenido de las tres metodologías de gestión de proyectos seleccionadas para la presente investigación (SCRUM / PRINCE2 / PMI); para con ello, proponer una metodología híbrida que extraiga los aspectos más relevantes y afines con este tipo de proyectos, para así generar un nuevo modelo que dé respuesta a las necesidades de dichos proyectos.

Posterior a la revisión y análisis cada una de las metodologías planteadas para la presente investigación, se logra detectar que se percibe que existen ciertas similitudes en algunas de las características y aspectos más relevantes.

Ilustración 26

Diagrama de Venn las similitudes y diferencias de PMI, PRINCE2 y SCRUM



Fuente. Elaboración Propia

Tabla 19

Interrelación metodologías de proyecto PMI, PRINCE2 y SCRUM

Metodología de gestión	Diferencias	Interrelación de metodologías	Similitudes
1. PMI	El valor del proyecto en los beneficios que se van a generar. Fases del ciclo de vida del proyecto.	4. PMI y PRINCE2	Adaptar el proyecto según las necesidades específicas de su entorno.
2. PRINCE2	Enfoque de desarrollo predictivo. El valor del proyecto en la calidad de los productos. Lecciones aprendidas de anteriores proyectos. Gestión por excepción.	5. PRINCE2 y SCRUM	Justificación del proyecto. Gestión basada en fases o iteraciones. Business case.
3. SCRUM	Enfoque de desarrollo adaptativo. El valor del proyecto en las necesidades del cliente.	6. PMI y SCRUM	

Metodología de gestión	Diferencias	Interrelación de metodologías	Similitudes
	Time box para los eventos que componen cada fase de gestión.	7. PMI, PRINCE2 y SCRUM	Stakeholders del proyecto. Capacitaciones para el equipo de proyecto. Planeación y aseguramiento de la calidad. Evaluación y control de riesgos. Gestión y adaptación al cambio. Control del progreso del proyecto. Roles y responsabilidades de los miembros del proyecto.

Fuente. Elaboración propia a partir de los conceptos del PMBOK®, PRINCE2 y SCRUM

A nivel general, los aspectos en los que inciden y se profundizan las metodologías en sus principios y temáticas, de acuerdo con los puntos 4, 5, 6 y 7 del diagrama son: La justificación inicial y continua de la viabilidad del proyecto; la adaptabilidad del contexto y necesidades del proyecto de acuerdo a su tamaño, complejidad, importancia, capacidad y nivel de riesgo específico; la identificación, evaluación e involucramiento de los Stakeholders influyentes para el éxito del proyecto; la gestión basada en iteraciones o fases a lo largo del ciclo de vida para un mejor control y retroalimentación sobre el estado del proyecto; la planeación y el aseguramiento de la calidad de los entregables; la evaluación inicial y continua de la exposición al riesgo; gestión y adaptación continua al cambio; el monitoreo y control continuo del progreso y la conformación de un equipo de trabajo comprometido y organizado, cuyos roles y responsabilidades están claramente definidos.

Por otra parte, de las características singulares en los puntos 1,2 y 3, una diferencia importante es el enfoque de desarrollo del proyecto, puesto que repercute de forma directa en la planeación del proyecto, el alcance de los objetivos, entregables y recursos necesarios para llevar a cabo las actividades programadas. SCRUM, por ejemplo, al no contar con una completa claridad desde el inicio del proyecto sobre el alcance de los entregables que se van a generar, necesita de la aplicación de sus cinco eventos de forma iterativa durante cada Sprint para asegurar que el producto se desarrolla de acuerdo a las expectativas de los Stakeholder; PRINCE2 en cambio, necesita conocer con claridad de antemano los objetivos y entregables del

proyecto, para así planificar cómo se deben llevar a cabo las tareas y qué recursos necesitan para ello.

En cuanto a la percepción sobre el valor del proyecto, cada metodología una adopta una perspectiva diferente respecto a lo que se debe priorizar para cumplir con el objetivo, siendo para SCRUM aquella que le da mayor prioridad a las necesidades específicas del cliente respecto al producto, PRINCE2 se enfoca en los resultados mediante el cumplimiento de las exigencias de calidad establecidas al comienzo para los productos, y el PMBOK® se enfoca hacia los beneficios que se van a generar con el proyecto, en donde los productos son únicamente el medio por el cual se obtiene el valor del proyecto.

A pesar de aquellas disparidades, se consigue diseñar un empalme entre las metodologías que se adapte a los proyectos de generación de energía solar fotovoltaica dentro de un modelo híbrido; fundamentándose en un enfoque de desarrollo predictivo con entregas periódicas o múltiples de los productos que componen el sistema de generación de energía (dependiendo de cómo se hayan establecido las fases de gestión), pero que a su vez, se complementa con algunos aspectos del enfoque adaptativo para dar mayor flexibilidad y agilidad en relación con los ejes temáticos de la calidad, el progreso, el cambio y el riesgo.

Los proyectos solares a nivel mundial han logrado estandarizar la planeación inicial detallada y plenamente definida de algunos elementos y procesos en común, como el alcance del proyecto, estimaciones muy aproximadas de los tiempos y costos reales, y de los recursos específicos de personal y tecnología; por lo tanto, un enfoque de desarrollo en cascada como el de PRINCE2 se adapta más a las necesidades para gestionar este tipo de proyectos, y si bien, SCRUM a pesar de ser un enfoque de tipo evolutivo, cuenta con algunas características interesantes que enriquecerían la gestión del enfoque predictivo.

Con lo expuesto anteriormente, se tomó la iniciativa de generar una propuesta de metodología híbrida compuesta por los aportes más significativos de estas metodologías de proyectos que pueda respuesta a las necesidades de los proyectos energéticos solares fotovoltaicos, en la cual se describen: los principios, ejes temáticos, grupos de procesos, actividades y el ciclo de vida del proyecto.

8.4.1 Principios propuestos del Modelo Híbrido

Tabla 20

Los Principios del Modelo Híbrido

N°	Principio
1.	<p>Enfoque y priorización basada en el valor de las necesidades y requerimientos de los stakeholders, de los resultados del proyecto y la calidad de los productos, los beneficios y el valor esperado del negocio/proyecto. Trabajar en función del objetivo principal que busca cumplir el proyecto, a partir de las necesidades específicas del cliente respecto al proyecto solar fotovoltaico, de la calidad de los componentes y su instalación (paneles, controladores, baterías e inversores) y de los beneficios esperados (rendimiento energético y/o económicos)</p>
2.	<p>Justificar de manera continua la viabilidad del proyecto (técnica, social, ambiental y financiera). Tomando como base al objetivo del proyecto, se debe evaluar constantemente los factores de viabilidad de acuerdo a las necesidades específicas del proyecto solar fotovoltaico en cuestión.</p>
3.	<p>Adaptar el proyecto según las necesidades específicas de su entorno. Los proyectos solares tienen en común algunos atributos o particularidades; relacionados principalmente a los insumos, componentes, tecnología, instalación de los equipos o los requerimientos de habilidades y experiencia del equipo de trabajo, otras variables propias de la gestión de proyectos como los costos y presupuesto, tiempo, alcance, localización, normatividad legal, aspectos sociales y ambientales y los riesgos varían de un proyecto a otro.</p>
4.	<p>Aprender de la experiencia de proyectos anteriores y/o de proyectos tipo. Realizar un estudio e investigación sobre proyectos solares exitosos de Auto Generación o Gran</p>

N°	Principio
	<p>Generación, o proyectos tipo para el caso de un proyecto de inversión pública, que proveen elementos básicos que sirven como guía de referencia para una mejor formulación y estructuración del proyecto.</p>
5.	Identificar e involucrar continua y participativamente a los Stakeholders clave del proyecto. Gestionando continuamente a los Stakeholders y el rol que cumple cada uno en el éxito del proyecto solar fotovoltaico.
6.	Gestión por fases: para el adecuado control del progreso del proyecto, adicionando los eventos de SCRUM para propiciar retroalimentación de los aspectos positivos y por mejorar en cada fase. Adoptar la gestión por fases perteneciente a la metodología PRINCE2 para mantener un mejor control sobre el progreso del proyecto solar fotovoltaico, agregando los eventos se SCRUM (reunión de planificación, de revisión, de retrospectiva y daily standup) con el fin de facilitar la toma de decisiones al final de cada fase mediante la retroalimentación constructiva.
7.	Time-boxing: asignación de un tiempo fijo para los eventos de control y retroalimentación en cada fase de gestión. Determinar un tiempo standard para la realización de los eventos SCRUM adoptados (8 horas, 4 horas, 4 horas y 15 minutos respectivamente).
8.	Abordar lo relacionado a los riesgos del proyecto durante todo su ciclo de vida. Manteniendo actualizada la estrategia de identificación, evaluación y planificación de las acciones de respuesta a los riesgos frecuentes de los proyectos solares fotovoltaicos.

N°	Principio
9.	Garantizar el cumplimiento de los requerimientos calidad adoptados para los entregables del proyecto. Realizando controles periódicos a las actividades y seleccionando de forma acorde los métodos de calidad para asegurar que los componentes del proyecto solar fotovoltaico se instalen adecuadamente.
10.	Incorporar la adaptabilidad y resiliencia al cambio dentro de los procesos y actividades del Proyecto. Introducir al proyecto solar fotovoltaico el factor de cambio que más le convenga (tradicional o ágil), según las necesidades del entorno específicas y el tamaño del proyecto de acuerdo a la capacidad de generación de energía, reconociendo al cambio como un elemento inherente de cualquier proyecto, proveniente de cualquier actor participante o del mismo entorno del proyecto.
11.	Gestión por excepción: definir los límites permisibles de desfase para el costo, tiempo, calidad, alcance y los beneficios. Estableciendo los desfases que puede soportar cada fase de gestión sin llegar a afectar significativamente el resultado final. Este principio es especialmente importante para los proyectos solares fotovoltaicos denominados como Grandes Generadores, a los cuales, mediante las disposiciones de la Resolución CREG 075 de 2021, deben emitir periódicamente informes de seguimiento del avance del proyecto a las autoridades competentes.
12.	Conformar un equipo de trabajo multifuncional, comprometido con el logro del alcance y objetivos del proyecto, y cuyos roles y responsabilidades estén plenamente definidos. Hacerse de un grupo de trabajo con el perfil (ingenieros electricistas o en energías renovables), las competencias, conocimientos y experiencia (mínimo 1 año según las Resoluciones CREG 174 y 075) acorde a las necesidades

N°	Principio
	específicas del proyecto, en el cual prevalezca el trabajo en equipo y la visión hacia el logro de los objetivos del proyecto
<i>Fuente.</i> Elaboración propia a partir de las tablas de principios del PMBOK®, PRINCE2 y SCRUM	

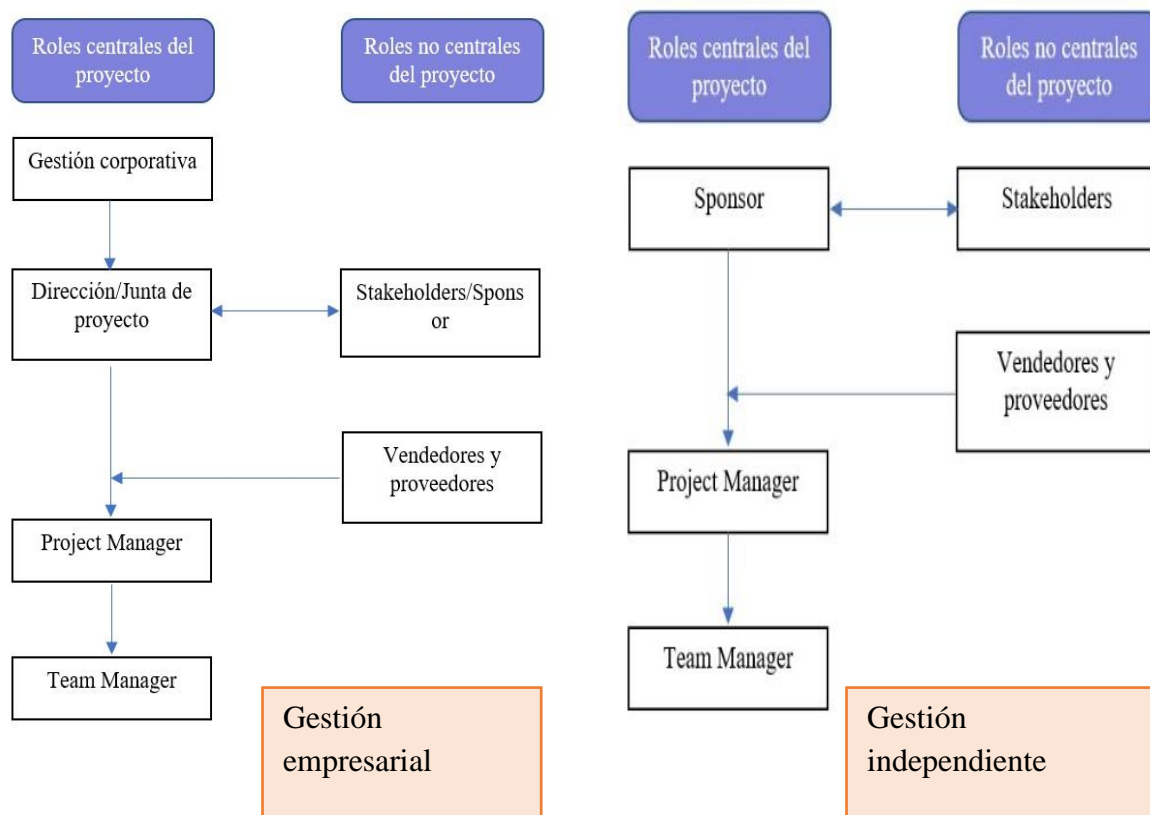
8.4.2 Ejes Temáticos Propuestos del Modelo Híbrido

8.4.2.1 Organización y Roles de los Miembros de Gestión del Proyecto. La estructura organizativa del proyecto varía en función de aspectos importantes sobre el contexto del proyecto como el patrocinador principal o Sponsor de este, su tamaño y complejidad; pues, un proyecto de inversión a base de la energía solar puede ser de gran o pequeña envergadura, gestionado y desarrollado por una empresa especializada o por un inversionista privado, y quién, a su vez, tiene la opción de ejercer el rol de la dirección del proyecto sin la necesidad de acudir con una empresa terciaria.

En los siguientes esquemas, se plantea la jerarquía de la gestión del proyecto elaborado a partir de la relación entre los actores expuestos en PRINCE2 y SCRUM, teniendo en cuenta además la perspectiva de la gestión empresarial y la gestión independiente del patrocinador del proyecto para cada caso:

Ilustración 26

Jerarquía propuesta para la Gestión del Modelo Híbrido



Fuente. Elaboración Propia

Las diferencias más destacables en ambas estructuras es el papel que desempeña la junta del proyecto para los proyectos empresariales o el Sponsor en la gestión independiente; en el primero, la junta en conjunto con los stakeholders crea los requerimientos de los entregables y posteriormente hace contacto con los vendedores y/o proveedores que les proporcionará los productos o servicios externos a la empresa; en el segundo en cambio, el Sponsor como financiador principal, toma un papel más activo en la definición del alcance y objetivos principales del proyecto, y generalmente se encarga de adquirir los productos y servicios con sus proveedores de preferencia.

Para este eje, el proceso de identificación e involucramiento de los Stakeholders toma como base el dominio de desempeño número 1 del PMBOK®; mantiene la necesidad de capacitación, entrenamiento, mentoría o coaching requerida para el Team Manager en cualquiera de las dos perspectivas de gestión; y finalmente emplea como base las funciones descritas en los roles centrales de la metodología PRINCE2 y los no centrales de la SCRUM.

8.4.2.2 Justificación de la inversión (Business Case). La creación y actualización del Business Case le permitirá saber a los inversionistas, gestores del proyecto y demás Stakeholders que el proyecto se mantiene atractivo económicamente, viable en todas sus ópticas y capaz de cumplir con el alcance previsto.

Como lo describe PRINCE2, el contenido del Business Case debe contener como mínimo un resumen ejecutivo, las razones por las cuales se requiere el proyecto, la evaluación económica (RSI, VPN y TIR), el calendario y los costos, y los riesgos principales del proyecto. El Business Case se evaluará por la Junta o Sponsor del Proyecto en cada una de las fases de gestión por medio de diferentes técnicas como el Análisis de Valor Ganado (AVG) y determinará si es pertinente la continuación del proyecto.

8.4.2.3 Planificación. Incluye la información correspondiente a la proyección y control del rendimiento real sobre el planificado del tiempo, los costos, el alcance y la calidad de los entregables, valiéndose del uso de los productos de gestión que le permiten al Project Manager evaluarlo y tomar decisiones. Los planes utilizados para la gestión por fases, tal como menciona PRINCE2 son el plan de proyecto (general), los planes de fase (específico para cada fase), plan de excepción (si se prevé que en una fase se excederán los límites permisibles de cambio en los procesos) y los paquetes de trabajo (actividades y trabajos que se deben completar en cada fase).

8.4.2.4 Calidad. Contienen las actividades correspondientes a la planificación de la calidad mediante el establecimiento de la estrategia de calidad, precisando los criterios de aceptación de los Stakeholders hacia los productos, estableciendo los medios y métodos con los que se verificará el cumplimiento de dichos requisitos y asignando la responsabilidad sobre dicho proceso a los roles centrales del proyecto.

La inclusión de los eventos de SCRUM se hace con el propósito de dar un mejor control a la calidad de los entregables del proyecto, gracias a la retroalimentación realizada al final de cada fase de gestión, se conoce en tiempo real si se están cumpliendo con los objetivos del proyecto y las expectativas de los Stakeholder, dando un cómodo espacio para planificar mejor cualquier ajuste o cambio necesario.

8.4.2.5 Progreso. En este eje se establecen los mecanismos que permiten evaluar e informar de forma cualitativa y cuantitativa sobre el rendimiento del cronograma, los costos, los

recursos, la calidad, del desarrollo de los productos y de la satisfacción de los Stakeholders al final de cada fase de gestión del proyecto.

De acuerdo con PRINCE2, los instrumentos mayormente utilizados para revisar el progreso son el archivo diario (soportándose en el Daily Standup de SCRUM para su diligenciamiento), el registro de cuestiones (no obstante, en este mix de metodologías se promueve la aplicación de las solicitudes de cambio de manera ágil), el informe sobre el estado de los productos y el registro de calidad. A su vez, los instrumentos que ayudan a informar sobre el progreso son el informe del punto de control, el informe de desarrollo, el informe al final de fase y el informe al final de proyecto.

8.4.2.6 Cambio. Se encarga de las actividades que dan respuesta a la aparición de imprevistos durante cada fase de gestión, en este caso se adapta el enfoque de atención al cambio de SCRUM en lugar de PRINCE2, por la agilidad y naturalidad con la que se incorporan de los cambios dentro de las fases del proyecto sin necesidad de tantos trámites administrativos.

El proceso constaría de resguardar las solicitudes de cambio presentadas durante la fase hasta la siguiente reunión de planificación, en donde la dirección del proyecto o el Sponsor dan la aprobación formal para la fase siguiente si lo consideran pertinente; en caso de ser cambios de alto impacto y urgencia para el proyecto, se puede dar por terminada la fase y se planifica la fase siguiente. En el caso de las empresas cuya estrategia de acoplamiento a los cambios esté arraigada a la burocracia de PRINCE2 o similares, y que consideren al método ágil como una opción atractiva, requeriría de una reunión para esclarecer el nuevo enfoque hacia todos los participantes del proyecto.

8.4.2.7 Riesgo. En este último eje se manejan las actividades correspondientes a la identificación (registro de riesgos), evaluación, priorización, planificación de acciones de respuesta y comunicación de riesgos del proyecto, al comienzo de este y a lo largo de todo su ciclo de vida. Se debe destinar un rubro del presupuesto del proyecto para atender las amenazas y oportunidades que se puedan presentar en el futuro.

Se adapta de la metodología SCRUM la forma en que se manejan los riesgos del proyecto, al igual que en el eje anterior de cambio, los riesgos de mayor prioridad se tienen en cuenta al inicio de cada fase de gestión para asegurar un mayor control sobre la incertidumbre.

8.4.3 Procesos y Actividades Propuestos del Modelo Híbrido

Tabla 21

Grupos de Procesos y Actividades propuestos para el Modelo Híbrido

Proceso	Componentes
Inicio del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la localización del proyecto • Preparar el Business Case inicial del proyecto. • Identificar, evaluar e incorporar a los interesados clave del proyecto (matriz de Stakeholders) • Crear el plan de proyecto. • Preparar la documentación adicional del proyecto. • Nombrar la Dirección/Junta del proyecto (Gestión empresarial). • Designar al Project Manager. • Definir y detallar los roles y responsabilidades del Team Manager. • Seleccionar y nombrar al Team Manager. • Crear el plan de capacitaciones. • Redactar el Acta de Constitución del Proyecto / Project Charter. • Aprobar el acta y autorizar el inicio del proyecto.
Planificación del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar los planes de fase estimados. • Elaborar los planes de excepción de fase (en caso de ser necesario). • Planificar los paquetes de trabajo para cada fase. • Preparar la Estrategia de Gestión de la Calidad. • Elaborar el plan de gestión de las adquisiciones (Productos y servicios de proveedores). • Preparar la estrategia de control del progreso del proyecto. • Preparar la estrategia de gestión del riesgo y adaptación al cambio.

-
- | | |
|--------------------------------|--|
| Control Inicial de Fase | <ul style="list-style-type: none">• Realizar la reunión de planificación de la fase siguiente.• Planificar y acoplar los cambios aprobados de la fase siguiente.• Actualizar el Business Case.• Actualizar la matriz de Stakeholders.• Actualizar el Plan de Proyecto.• Actualizar el registro de riesgos y la estrategia de acciones de respuesta a los riesgos.• Autorizar el Paquete de Trabajo de la fase. |
|--------------------------------|--|

-
- | | |
|---|---|
| Gestión de la Entrega de Productos | <ul style="list-style-type: none">• Aceptar un Paquete de Trabajo para una fase.• Crear los entregables o productos de la fase.• Verificar el cumplimiento de los requerimientos de calidad del producto.• Entregar el Paquete de Trabajo a la Dirección/Sponsor del proyecto. |
|---|---|

-
- | | |
|---|---|
| Control del Progreso Durante la Fase | <ul style="list-style-type: none">• Realizar Daily Standup.• Revisar el estado del Paquete de Trabajo.• Revisar el estado de la fase. |
|---|---|

-
- | | |
|--|--|
| Revisión y retrospectiva de la fase | <ul style="list-style-type: none">• Realizar la reunión de revisión de la fase.• Verificar el cumplimiento de los requerimientos de calidad del producto.• Aceptar o rechazar los productos (los productos rechazados se priorizan en la siguiente fase).• Realizar la reunión de retrospectiva de la fase. |
|--|--|
-

- Lanzamiento y Cierre del proyecto**
- Verificar en un último chequeo el cumplimiento de los requerimientos de los productos a entregar.
 - Entregar la totalidad de los productos.
 - Realizar una reunión final de retroalimentación y retrospectiva del proyecto.
 - Autorizar el cierre formal del proyecto.

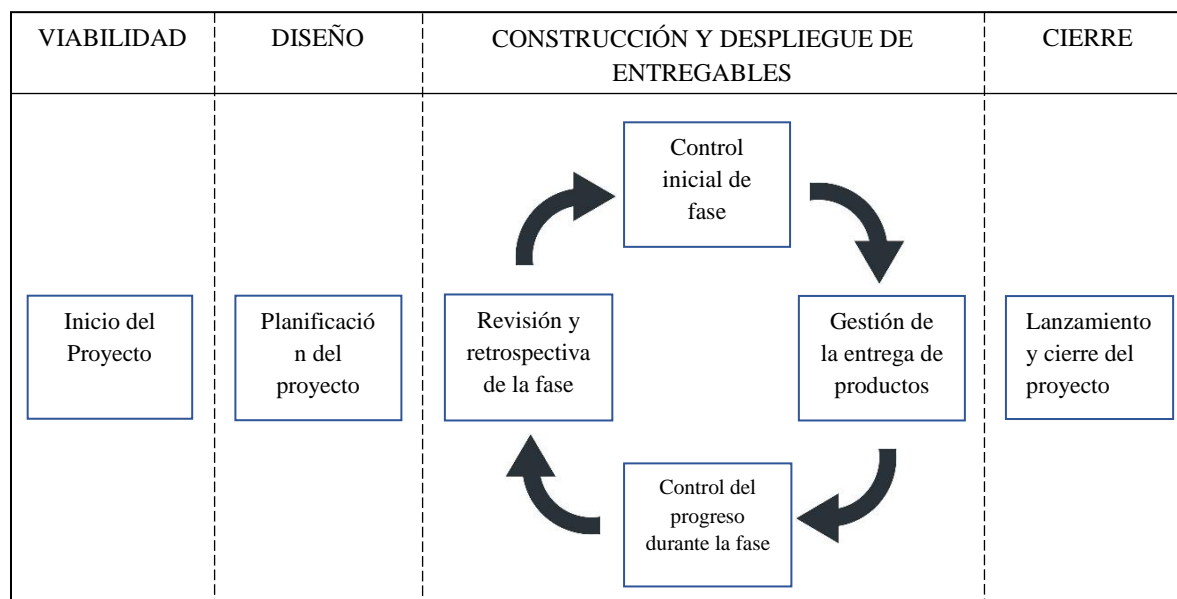
Fuente. Elaboración propia a partir de los procesos y actividades del PMBOK®, PRINCE2 y SCRUM

En los grupos de procesos se hace la distinción de los controles inicial de fase y del progreso de fase, puesto que el primero se realiza antes de ordenar el paquete de trabajo al Team Manager, mientras que el segundo se encarga de los controles sobre el progreso del trabajo durante la fase ya iniciada.

8.4.4 Ciclo de Vida del Proyecto Propuesto del Modelo Híbrido

Ilustración 27

Ciclo de Vida del Proyecto del Modelo Híbrido



Fuente. Elaboración propia

El diseño propuesto del ciclo de vida del proyecto de esta metodología híbrida adopta las fases descritas en el PMBOK®, se parte de un modelo lineal en donde las actividades contenidas en la fase de viabilidad y diseño se hacen de manera secuencial. Posteriormente en las fase de construcción y despliegue de entregables, se realizan de manera iterativa en cada una de las fases de gestión establecidas los procesos de control inicial de fase, gestión de la entrega de productos, control del progreso durante la fase, revisión y retrospectiva de la fase, bien sea que se haya destinado un periodo de tiempo específico uniforme para cada fase (ej. Un mes) o que los tiempos de cada fase varíen según los entregables que se esperan entregar y el trabajo necesario para su construcción. Finalmente, en la fase de cierre se retoma el modelo lineal durante la ejecución de las actividades correspondientes a la entrega total del proyecto y dar por sentada su culminación.

En la fase de viabilidad, conformada por el proceso de inicio del proyecto, antes de cualquier otra cosa se debe asegurar mediante el Business Case inicial que el alcance, objetivos y resultados esperables se puedan alcanzar, dando el visto bueno a los patrocinadores de invertir en el proyecto; las demás actividades de esta fase consisten en identificar a todos los actores influyentes, sean sus roles centrales o no en la planeación y ejecución del proyecto y en compilar toda la documentación necesaria para poder autorizar el inicio formal del proyecto.

Como se mencionaba anteriormente en este capítulo, la estandarización de varios elementos en la gestión de los proyectos energéticos solares fotovoltaicos, lo colocan como un caso específico en donde la planeación inicial robusta de la metodología PRINCE2 le resulta más conveniente, permitiendo realizar desde muy temprano estimaciones bastante aproximadas en cuanto a los costos y presupuesto, tiempo y cronograma, los entregables y sus requerimientos de calidad, requerimientos de compras/adquisiciones, identificación y gestión inicial de riesgos y establecer la(s) estrategia(s) del control de progreso.

las fases de construcción y despliegue de entregables toman como inspiración al ciclo Deming o PHVA, a través de la iteración continua de los procesos contenidos en estas durante cada fase de gestión del proyecto, adaptando la forma en que originalmente se emplea en la metodología SCRUM hacia el control, retroalimentación y mejora continua como tal durante las fases de gestión del proyecto.

El proceso de control inicial de fase da comienzo con la retrospectiva general del proyecto mediante el análisis y la actualización del Business Case y el Plan de Proyecto, garantizando así que no haya desfases del progreso fuera de las tolerancias de costo y tiempo establecidos para cada fase y que el proyecto en general se mantenga viable. A este proceso se le añaden las actividades de gestión del cambio, de la matriz de Stakeholders y el registro de riesgos.

Los procesos de gestión de la entrega de productos y el control del progreso durante la fase involucran las actividades más operativas de todo el ciclo de vida, en estas el team manager se encarga de construir los entregables del paquete de trabajo aceptado para la fase, se pone en práctica la estrategia de calidad y se controla muy de cerca el estado tanto del paquete de trabajo como de la fase en sí por medio de las Daily Standup.

En el proceso de revisión y retrospectiva de la fase se adapta un elemento de SCRUM referente a la priorización de los entregables rechazados al final de la fase, en dicho caso, los productos que no lograron cumplir a cabalidad con los requerimientos de calidad en una fase se priorizan para la fase siguiente, optando por dar continuidad a la ejecución del proyecto conforme a los ajustes de cronograma correspondientes, y en caso de ser necesario, autorizar un plan de excepción en caso de que se excedan los límites permisibles de cambio en dicha fase de gestión.

9. Lineamientos para la Estructuración de Proyectos Energéticos Solares Fotovoltaicos en Colombia

9.1 Procedimiento para la Asignación de Capacidad de Transporte de Energía en el SIN

En Colombia y el Departamento del Huila lo primero que se debe de tener en cuenta para la estructuración de proyectos energéticos solares fotovoltaicos, es la capacidad de generación eléctrica con la que va a contar el proyecto, ya que la normatividad colombiana modifica los trámites, requisitos y procedimientos para presentar la solicitud de conexión y la estructuración de los mismos conforme va aumentando la capacidad; a partir de ello, en Colombia los proyectos energéticos se clasifican en cuatro tipos diferentes.

Tabla 22

Tipos de Proyectos Energéticos Según la Capacidad de Generación

N°	Denominación	Capacidad de Generación
1	Generadores de Distribución (G.D.)	De 0 kW a 0,1 MW
2	Autogeneradores a Pequeña Escala (A.G.P.E)	De 0,1 MW a 1 MW.
3	Autogeneradores a Gran Escala (A.G.G.E)	De 1 MW a 5 MW.
4	Grandes Generadores	Superior a 5 MW.

Fuente. Elaboración propia con información tomada de la Resolución CREG 174 del 2021

Para las gestiones relacionadas con solicitudes, consultas, trámites y demás temas que sean afines con proyectos energéticos, la UPME desde el año 2021, implementó en su página web la opción denominada “Ventanilla Única”, cuyo fin principal es centralizar y estandarizar los requerimientos que posean los interesados. El cambio en el proceso se dio a raíz del incremento exponencial de las solicitudes que se han presentado en el país para el desarrollo de proyectos energéticos FNCER con conexión al SIN, mayormente de los denominados Generador Distribuido (G.D.), Autogenerador a pequeña escala (A.G.P.E.) y Autogenerador a Gran Escala (A.G.G.E.) que son proyectos energéticos de pequeñas dimensiones, instalados en su mayoría en

unidades residenciales y empresas del sector comercial y/o industrial y que poseen la capacidad de cargar los excedentes de energía generada a la red, siempre y cuando el interesado así lo desee.

Los tramites de los G.D., A.G.P.E y A.G.G.E eran regidos por la Resolución CREG 030 del 2018 desde el año 2018 hasta el año 2021, sin embargo, con el propósito de generar un proceso más transparente y simple se expidió la Resolución CREG 174 del 2021, la cual deroga a la CREG anterior y centraliza todos los procesos y trámites mediante la Ventanilla Única, al igual que como hizo la Resolución CREG 075 del 2021 para los proyectos que se consideran Grandes Generadores.

9.1.1 Lineamientos para los G.D. / A.G.P.E. / A.G.G.E.

Luego de identificar que el proyecto a estructurar según la normatividad colombiana es considerado como un Generador de Distribución (G.D.), un Autogenerador a Pequeña Escala (A.G.P.E) o Autogenerador a Gran Escala (A.G.G.E), el interesado en desarrollar el proyecto de generación eléctrica fotovoltaica debe de tener en cuenta que el proyecto se registrará con la Resolución CREG 174 del 2021 y no requiere de licencia ambiental, los proyectos energéticos que deben de tramitar licencias ambientales ante las autoridades competentes son aquellos que poseen una capacidad superior a los 10 MW.

Según la Resolución CREG 174 del 2021, expedida por el Ministerio de Minas y Energía y la Comisión de Regulación de Energía y Gas, expedida el 07 de octubre del 2021, los pasos para el montaje y estructuración de los proyectos energéticos que posean una capacidad de generación ubicada entre los 0,0 kW y los 5 MW son:

- **Paso 1:**

 Ingresar a la página web del Operador de Red y verificar si el circuito donde se va a conectar el proyecto por su ubicación geográfica cuenta con la disponibilidad de conexión para la carga de los excedentes, en el Departamento del Huila el OR es ELECTROHUILA.

 La normatividad colombiana indica que todos los operadores de red deben contar con un sistema computacional actualizado y al alcance de los usuarios, que contenga la información relacionada con la disponibilidad de carga a los circuitos, las líneas de

atención al cliente, los formatos para la actualización de la información de los solicitantes, el voltaje, la ubicación y la capacidad nominal de cada uno de los transformadores, las redes de baja tensión y las subestaciones.

Para un mayor entendimiento de los interesados, la UPME y la CREG estandarizaron por colores la sumatoria de la potencia máxima declarada por los proyectos en un mismo circuito o transformador y la sumatoria de la cantidad de energía que pueden entregar los proyectos que se conecten a un circuito o transformador en específico.

Tabla 23
Sumatoria de la Potencia Máxima Declarada

Color	Significado
Verde	Menor o igual al 30%
Amarillo	Entre el 30% y 40%
Naranja	Entre el 40% y 50%
Rojo	Mayor al 50%

Fuente. Elaboración propia con información tomada de la Resolución CREG 174 del 2021

Tabla 24
Sumatoria de la Cantidad de Energía que Puede Entregar

Color	Significado
Verde	Menor o igual al 30%
Amarillo	Entre el 30% y 40%
Naranja	Entre el 40% y 50%

Rojo

Mayor al 50%

Fuente. Elaboración propia con información tomada de la Resolución CREG 174 del 2021

- **Paso 2:**

Posterior a verificar que el circuito o el transformador cuenta con la capacidad para la carga de energía, el interesado deberá proceder a realizar la solicitud de conexión mediante la Ventanilla Única en la página web de la UPME. El encargado de evaluar y analizar la solicitud será el Operador de Red.

Para realizar la solicitud, el interesado deberá tener en cuenta que el Operador de Red le solicitará los siguientes documentos relacionados con el proyecto:

- Formato de Conexión Simplificada expedido por el Centro Nacional de Operación, completamente diligenciado.
- Manual de los dispositivos que se encuentran inmersos en el proyecto, principalmente aquellos encargados de controlar e inyectar el excedente al Sistema.
- Certificados de capacitación y/o experiencia del responsable de la instalación del circuito.
- Documento donde se certifique el cumplimiento de los inversores, según lo indiquen los parámetros definidos en el formato simplificado.
- Estudio de conexión simplificada (Los requisitos e información de este varían dependiendo del tamaño del proyecto).

Tabla 25

Requerimientos de los Estudios Simplificados Según La Capacidad de Generación

Capacidad	Información Necesaria En Los Estudios De Conexión Simplificados
0,0 a 0,1 MW	

Capacidad	Información Necesaria En Los Estudios De Conexión Simplificados
0,1 a 1 MW	<ul style="list-style-type: none">• Análisis de cargabilidad del transformador o circuito bajo condiciones de operación normales, analizando dos escenarios de:<ul style="list-style-type: none">○ Generación máxima, Demanda coincidente.○ Demanda mínima, Generación coincidente.• Cálculo de la cantidad de energía excedente. <ul style="list-style-type: none">• Análisis de flujo de carga en estado estable y bajo condiciones de operación normales, analizando dos escenarios de:<ul style="list-style-type: none">○ Generación máxima, Demanda coincidente.○ Demanda mínima, Generación coincidente.• Los resultados del flujo de carga deberán contener información sobre los análisis de carga, tensiones, factor de potencia y pérdidas.• Análisis de Contingencia para los elementos no radiales que defina el OR y que estén en el modelo simplificado del SDL.• Análisis de cortocircuito (monofásico y trifásico con la norma IEC60909).• Cálculo de la cantidad de energía excedente.• Análisis de obras requeridas (repotenciación o nuevos activos) en la red de uso general en caso de ser requeridos y valorados de acuerdo con la definición de unidades constructiva.

Capacidad	Información Necesaria En Los Estudios De Conexión Simplificados
1 a 5 MW	<ul style="list-style-type: none">• Análisis de flujo de carga en estado estable y bajo condiciones de operación normales, analizando dos escenarios de:<ul style="list-style-type: none">○ Generación máxima, Demanda coincidente.○ Demanda mínima, Generación coincidente.• Los resultados del flujo de carga deberán contener información sobre los análisis de carga, tensiones, factor de potencia y pérdidas.• Análisis de Contingencia para los elementos no radiales que defina el OR y que estén en el modelo simplificado del SDL.• Análisis de cortocircuito (monofásico y trifásico con la norma IEC60909).• Análisis de armónicos (Para sistemas de generación basados en inversores), el cual se realizará a partir de los datos técnicos del convertidor electrónico (inversor) asociado al proyecto. Se utilizarán medidas históricas de armónicos suministradas por cada OR en la subestación o valores típicos de acuerdo con lo que se acuerde con el cliente.• Cálculo de la cantidad de energía excedente de acuerdo con el artículo 5 de la resolución CREG 030 – 2018.• Análisis de obras requeridas (repotenciación o nuevos activos) en la red de uso general en caso de

Capacidad Información Necesaria En Los Estudios De Conexión
Simplificados

ser requeridos y valorados de acuerdo con la
definición de unidades constructivas.

Fuente. Elaboración propia, con información tomada del documento contenido del estudio de conexión simplificada para autogeneradores hasta 5 MW y generación distribuida por EPSA y CETSA

Cumplido el tiempo, el OR deberá dar una respuesta sobre la solicitud realizada por el interesado. En caso de ser positiva el proceso sigue y el interesado tendrá un plazo de seis meses para realizar la conexión de la totalidad de la capacidad solicitada o por lo menos el 90%, si el Operador de Red llega a dar una respuesta negativa debido a inconsistencias encontradas en la documentación, en la respuesta deberá indicar al solicitante los hallazgos y las formas de suplirlos. El interesado deberá de dar respuesta en los plazos indicados por el OR para proseguir con el proceso.

Los tiempos para que el OR revise la documentación y de respuesta de la solicitud y el interesado realice los respectivos ajustes de ser necesarios, según la Resolución CREG 174 del 2021 son:

Ilustración 28

Tiempos de revisión de la completitud de la información

Condición (1)	Tipo	Capacidad instalada o nominal (CI)	Tiempo de revisión del OR	Tiempo de subsanación del solicitante	Tiempo de revisión del OR luego de subsanación
Entregan energía a la red	AGPE	CI > 100 kW	5	5	5
	GD				
	AGGE	CI < 5 MW (2)			
No entregan energía a la red	AGPE	CI ≤ 100 kW	2	5	2
	GD				
No entregan energía a la red	AGPE	CI ≤ 1 MW	2	5	2
	AGGE	Cualquier capacidad			
Notas (1) La condición de entregan o no energía a la red aplica para autogeneradores. El GD siempre entrega energía a la red pues es su actividad económica. (2) Corresponde a la potencia máxima declarada para el AGGE					

Fuente. Tomado de la Resolución CREG 174 del 2021

NOTA: Si el Operador de Red no cuenta con la capacidad, pero no lo tiene indicado en la página web, este deberá aceptar todas las solicitudes hasta que actualice la información en la página y con ello ajustar la red para aceptar la carga de las solicitudes realizadas.

Paso 3:

Para el montaje del proyecto, el interesado deberá ejecutar las obras necesarias para el montaje del proyecto, el cual deberá ser instalado y montado por una persona natural o jurídica que demuestre poseer un certificado académico que lo capacite en la instalación de este tipo de obras o un certificado de experiencia de como mínimo un año (12 meses).

Paso 4:

Al momento de colocar en marcha el proyecto, el interesado deberá comunicarse con el OR mediante el sistema en línea, para que este realice las respectivas visitas de visualización y pruebas técnicas, para posteriormente hacer la conexión del proyecto al SIN. El Operador de Red tendrá un plazo de 5 días hábiles contados a partir de la fecha en que el interesado realice la solicitud para realizar la visita al proyecto.

En caso de que el Operador de Red encuentre fallas, deberá notificar al interesado del proyecto los respectivos hallazgos con mejoras que se deben ejecutar, para que este, en los tiempos pactados, proceda a realizar los ajustes necesarios y así el OR realice nuevamente las visitas y pruebas necesarias para ahora sí realizar la conexión del proyecto al sistema.

Los tiempos para que el Operador de Red revise la documentación desde el punto de vista técnico y ejecute las visitas de inspección y el interesado realice los respectivos ajustes de ser necesarios, según la Resolución CREG 174 del 2021 son:

Ilustración 29

Tiempos de la verificación técnica de la documentación

Condición (1)	Tipo	Capacidad Instalada o nominal (CI) o por conexión en nivel de tensión NT 1, 2 o 3	Tiempo de revisión del OR	Tiempo de subsanación del solicitante	Tiempo de revisión del OR luego de subsanación
Condición (1)	Tipo	Capacidad Instalada o nominal (CI) o por conexión en nivel de tensión	Tiempo de revisión del OR	Tiempo de subsanación del solicitante	Tiempo de revisión del OR luego de subsanación
Entregan energía a la red	AGPE	NT 2 o 3	10	10	5
	GD				
	AGGE				
	AGPE	NT 1	5	5	5
	GD				
No entregan energía a la red	AGPE	$100 \text{ kW} < \text{CI} \leq 1 \text{ MW}$	10	10	5
		$10 \text{ kW} \leq \text{CI} \leq 100 \text{ kW}$	5	5	3
		$\text{CI} < 10 \text{ kW}$	3	5	2
	AGGE	Cualquier capacidad	10	10	5
Notas: (1) La condición de entrega o no de energía a la red aplica para autogeneradores. El GD siempre entrega energía a la red pues es su actividad económica.					

Fuente. Tomado de la Resolución CREG 174 del 2021

NOTA: Luego de la puesta en marcha de la conexión del proyecto con el sistema, el Operador de Red podrá realizar visitas para verificar que se estén cumpliendo con los parámetros y requisitos establecidos, si el OR certifica que algún ítem no se está cumpliendo, procederá a inhabilitar la conexión e informar al responsable sobre las fallas junto a los respectivos ajustes requeridos y así ejecutar las visitas y pruebas necesarias para habilitar nuevamente el punto si aquellas fallas se subsanaron de forma correcta.

9.1.2 Lineamientos para Grandes Generadores

Si el interesado determina que el proyecto a desarrollar es considerado por la normatividad colombiana como un gran generador, debe de tener en cuenta que al proyecto y su estructuración lo registrará la Resolución CREG 075 del 2021 y requerirá licencia ambiental si el proyecto supera los 10 MW de capacidad de generación energética (El proceso para la obtención de las licencias ambientales se explicaran más adelante en este mismo capítulo).

Según la Resolución CREG 075 del 2021, expedida por el Ministerio de Minas y Energía y la Comisión de Regulación de Energía y Gas expedida el 16 de junio del 2021, los pasos para el montaje y estructuración de los proyectos energéticos que posean una capacidad de generación superior a los 5 MW son:

Paso 1:

El interesado antes de realizar cualquier trámite, deberá realizar la inscripción de él mismo y cada uno de los proyectos que va a presentar (de forma independiente) en la Ventanilla Única en la página de la UPME, siendo esta entidad la encargada de recibir, analizar y evaluar todas las solicitudes relacionadas con los proyectos energéticos clase 1.

Si el interesado tiene alguna duda sobre el proceso, deberá tramitar mediante la Ventanilla Única una atención previa en donde el responsable de la asignación de carga (UPME) suministrará la información necesaria para que el interesado obtenga una respuesta sobre las dudas y/o preguntas que posea.

Paso 2:

El interesado debe realizar el estudio de conexión y disponibilidad de espacio físico, determinando diferentes alternativas para la conexión del proyecto al SIN; si dentro de alguna de estas la infraestructura del SIN debe adecuarse, el interesado deberá elaborar e indicar dentro del estudio las obras, los equipos y los elementos necesarios para la adecuada conexión.

El estudio puede ser realizado por el mismo interesado o un Operador de Red que ofrezca el servicio, de ser requerida información y visitas técnicas por parte del líder del nuevo proyecto energético, el Operador de Red de la zona está en la obligación de suplir las necesidades del interesado.

Paso 3:

El interesado en desarrollar el proyecto deberá realizar mediante la Ventanilla Única en la página de la UPME el cargue de la documentación del proyecto que se encuentra estructurando y realizar la solicitud de disponibilidad de carga. Cuando se realiza la solicitud, el interesado deberá indicar la posible fecha de la puesta en marcha del proyecto energético, esta no puede ser superior a 15 años, contados a partir de la fecha de solicitud de capacidad de carga.

Para radicar la solicitud ante la UPME, el interesado deberá entregar documentación relacionada con el proyecto, para poder determinar su viabilidad y los

hitos que deben controlar los respectivos entes para evaluar constantemente el avance del proyecto. La documentación a entregar según la Resolución CREG 075 del 2021 y la Resolución 40311 del 2020 del Ministerio de Minas y Energía son:

- Estudio de conexión y disponibilidad de espacio físico.
- Permisos y licencias ambientales.
- Obtención del derecho del uso del terreno.
- Hitos y Curva S.

Paso 4:

Con la solicitud radicada por parte del interesado ante la Ventanilla Única de la UPME, el OR de la zona donde se ubicará el proyecto tendrá 20 días para dar respuesta sobre dicha solicitud, en ella se mencionarán los comentarios que posee respecto al proyecto y la viabilidad de las obras y necesidades indicadas por el interesado. Cumplido el plazo, si el OR no da una respuesta, se considera que no exigen observaciones y el proceso continuará de forma normal.

El responsable de la asignación de carga (UPME), analizará en el mismo año calendario las solicitudes radicadas antes del 31 de marzo; aquellas que se radiquen posteriormente a esta fecha, serán analizadas en el año calendario siguiente.

Paso 5:

Anualmente la UPME realizará un estudio de las solicitudes de nuevos proyectos energéticos de clase 1 y asignará la capacidad de transporte de cada uno. En este análisis existirán dos filas, la primera es para los proyectos energéticos que requieran obras de ampliación del SIN; mientras que la segunda fila es exclusiva para los proyectos que no requieran obras de ampliación en el SIN. En el estudio de conexión y disponibilidad de espacio físico, el interesado deberá indicar si se requieren o no realizar obras de ampliación y qué obras se requieren en específico.

El 30 de septiembre de cada año, la UPME indicará el orden en que se van a realizar los estudios. Para la fila 2 los conceptos de viabilidad deberán ser expedidos

antes del 31 de octubre y para los proyectos de la fila 1 antes del 20 de diciembre del mismo año.

La UPME cuenta con unos criterios específicos para la calificación de los proyectos energéticos con el fin de priorizar los que mayor beneficio traigan al país y menor impacto generen al medio ambiente. El Operador de Red deberá permitir conectar el proyecto a las líneas que manejen el nivel de tensión de 220 kW a la vez de unirse a la subestación que se requiera. En un plazo no mayor a 4 meses luego de la aceptación del concepto de conexión y asignación de capacidad de carga, el Operador de Red y el Representante del proyecto deberán elaborar y firmar el contrato de conexión en donde se especifique:

- La subestación y el nivel de tensión donde se va a conectar el proyecto.
- Las condiciones y fecha de conexión.
- La capacidad con la que se va a conectar inicialmente el proyecto.
- Los terrenos de la subestación a utilizar.

Paso 6:

Con la finalidad de asegurar la capacidad de generación energética y la fecha de puesta en marcha del proyecto, el interesado deberá remitir a las autoridades competentes mediante la Ventanilla Única informes de seguimiento periódicos en donde se demuestre el avance que ha presentado el proyecto, estos informes se deberán elaborar y remitir cada que se complete un hito o a los 6 meses de haber emitido el último informe.

El interesado debe ser muy riguroso con el cumplimiento de los hitos y la curva S en los tiempos estipulados, debido a que si en los informes la UPME o el OR verifican que por tercera vez se incumplen los periodos, se procederá a realizar la liberación de la capacidad asignada y el proyecto deberá iniciar nuevamente el proceso de asignación de capacidad de carga, solamente hasta 12 meses después de perder la capacidad de carga asignada.

Paso 7:

Cuando el proyecto se encuentre próximo a culminar su fase de construcción y adecuación, el representante del mismo debe informárselo al Operador de Red y la UPME para que en los plazos pactados se realicen las visitas técnicas y puedan verificar que las conexiones y el proyecto cumplen con los estándares requeridos.

En caso de que no se cumplan con los estándares el OR, deberá informar al interesado las fallas a subsanar para que realice los respectivos ajustes y realizar nuevamente las visitas de verificación.

Con los requerimientos cumplidos, el Operador de Red será el encargado de realizar las respectivas conexiones para que el proyecto pueda comenzar la operación y cargue de energía al SIN.

9.1.2.1 Procedimiento para Expedir Licencia Ambiental en Proyectos Energéticos FNCER. A los proyectos energéticos considerados como Grandes Generadores, por poseer una capacidad de generación eléctrica superior a los 10 MW, la normatividad colombiana les exige la expedición de permisos y licencias ambientales. Para la expedición de estos certificados primero que nada es importante recalcar que el beneficiario de una Licencia Ambiental, tal como indica el Decreto 1076 de 2015, asume la responsabilidad por los perjuicios derivados por el incumplimiento de los términos, requisitos, condiciones, exigencias y obligaciones señalados en ella. Cuando el beneficiario prevé que se incumplirán los requerimientos por causas plenamente justificadas, deberá informarlo a la autoridad ambiental competente.

La Licencia Ambiental podrá ser suspendida o revocada por la misma autoridad que la otorgó o por el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, cuando el beneficiario haya incumplido cualquiera de los términos, condiciones, obligaciones o exigencias de la licencia consagrados en la ley, los reglamentos o en el mismo acto de otorgamiento.

Paso 1:

Formular una petición por escrito dirigida a la autoridad ambiental CAR (Corporaciones Autónomas Regionales) correspondiente, para el Departamento del Huila es la CAM (Corporación Autónoma del Alto Magdalena); en la cual, se debe especificar la modalidad de Licencia Ambiental que requiere (Ordinaria, única o global) y se debe

proporcionar mediante el Formato único Nacional de licencia ambiental (FUN) la siguiente información:

- Nombre o razón social del solicitante.
- Nombre del representante legal.
- Poder debidamente otorgado, cuando se actúe mediante apoderado.
- Certificado de existencia y representación legal en caso de ser persona jurídica.
- Dominio y nacionalidad.
- Descripción explícita del proyecto que incluya como mínimo su localización, dimensión y costo estimado.
- Indicación de las características ambientales generales del área de localización del proyecto.
- Información sobre la presencia de comunidades, incluidas campesinas, negras e indígenas, localizadas en el área de influencia del proyecto, obra o actividad.
- Indicar si el proyecto afecta el sistema de parques nacionales naturales y sus razones de amortiguación cuando éstas estén definidas.

Paso 2:

La CAR en un término no mayor a sesenta (60) días hábiles fijará los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental del proyecto, este contendrá información sobre localización del proyecto y los elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos del medio que puedan sufrir deterioro por el respectivo proyecto, obra o actividad para cuya ejecución se pide licencia y la evaluación de los impactos que puedan producirse. Además, incluirá el diseño de los planes de prevención, mitigación, corrección y compensación de impactos, el plan de manejo ambiental del proyecto, obra o actividad y el plan de contingencias.

Paso 3:

El interesado solicita y paga la liquidación por el servicio de evaluación del trámite de la licencia.

Paso 4:

El solicitante debe ejecutar y entregar el estudio de impacto ambiental a la autoridad ambiental competente, la cual, dentro de los treinta (30) días hábiles siguientes a la presentación de este estudio, podrá pedir al solicitante la información adicional que se considere indispensable.

Paso 5:

Allegada la información requerida, la autoridad ambiental dispondrá de quince (15) días hábiles adicionales para solicitar a otras autoridades o entidades los conceptos técnicos o informaciones pertinentes, los cuales deben serle remitidos en un plazo no superior a sesenta (60) días hábiles.

Paso 6:

Se convoca una reunión entre la autoridad ambiental competente y el solicitante, en donde se presentarán los resultados de la Verificación Preliminar de Documentación (VPD). En caso de salir aprobado, se notificará el auto de inicio que declare reunida toda la información requerida, en caso de no ser aprobada el solicitante debe iniciar nuevamente el procedimiento.

Paso 7:

La autoridad ambiental competente dará inicio a la evaluación de la viabilidad ambiental del proyecto, en un término que no podrá exceder de sesenta (60) días hábiles contados a partir de la expedición del auto de inicio.

- La autoridad ambiental competente podrá solicitar en caso de que así se requiera, una nueva reunión de solicitud de información adicional con el solicitante para efectuar el completo análisis y evaluación del trámite requerido.
- En caso de haber requerido información adicional en el paso anterior, el solicitante deberá ajustar el estudio ambiental y entregarlo nuevamente a la autoridad ambiental competente.

Paso 8:

Finalizado el proceso de evaluación por la autoridad ambiental competente, se fundamentará la viabilidad o no de la respectiva licencia ambiental, dicha decisión será notificada al solicitante.

NOTA: En caso de necesitar la renovación de la licencia ambiental, la autoridad ambiental competente dispondrá de un plazo máximo de treinta (30) días hábiles, contados a partir de la presentación de la solicitud de renovación de la Licencia, para pronunciarse sobre los requisitos y condiciones que deba cumplir el beneficiario de esta. Una vez allegada la información y cumplidos los requisitos y condiciones, la autoridad ambiental dispondrá de un plazo máximo de sesenta (60) días para decidir sobre la renovación o modificación de la Licencia Ambiental correspondiente.

9.2 Procedimiento para Estructurar un Proyecto Solar Fotovoltaico a partir de la Propuesta de Gestión Híbrida

En el presente subcapítulo se presentan los pasos que orientarán al lector a gestionar un proyecto solar fotovoltaico GD, AGPE, AGGE o Gran Generador, con base en los procedimientos y actividades presentadas en la metodología propuesta y en los requerimientos legales estipulados en la CREG 075 y CREG 174, así mismo, se mencionan algunas herramientas comúnmente utilizadas en la gestión de proyectos como indicadores, diagramas, gráficos, informes, entre otros. Según el paso que corresponda.

9.2.1 Fase de Viabilidad

9.2.1.1 Proceso de Inicio del Proyecto.

1. Determinar la localización del proyecto.

Antes de definir el alcance y objetivos del proyecto, se deben tener en cuenta ciertas variables específicas para los proyectos solares que permitirán tomar la decisión respecto a la localización del proyecto, dichas variables fueron recopiladas en el desarrollo del séptimo capítulo del presente documento. Para determinar la localización del proyecto, es conveniente tener en cuenta los siguientes factores:

- Conocer el potencial solar y el comportamiento de las variables medio ambientales del área, esto incluye:

- Intensidad de la radiación solar, promedio de horas de sol al día, promedio de número de días al mes con brillo solar (Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia).
- Altitud y latitud (herramientas tecnológicas como Google Maps).
- Nubosidad la zona.
- Ángulo cenital.
- Presencia de aerosoles en la atmósfera, se pueden solicitar a las estaciones hidrometeorológicas propiedad del IDEAM informes sobre la calidad de aire con estaciones para la medición de PM10 (partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, metal, cemento o polen).
- Precipitación pluvial y presencia de vapor de agua, solicitando de igual forma información a las estaciones hidrometeorológicas.
- Presencia de sombras (estudio de sombras).
- Conocer algunas características del suelo y las vías de acceso por vía terrestre, esto incluye:
 - Capacidad portante del suelo, indica qué tanto peso puede soportar una capa de suelo sin que se presenten rupturas (sondeo de penetración estándar SPT).
 - Tipos de suelo (ensayos de penetración de cono CPT).
 - Ángulo de formación del suelo para conocer los desniveles del terreno.
 - Presencia de objetos en el área.
 - Facilidad de acceso y calidad de las vías terrestres (Mapa de carreteras de INVÍAS y en el sitio web www.policia.gov.co/estado-vias).
- Conocer las características socioculturales de las poblaciones aledañas al área del proyecto, se puede hacer de primera mano por medio de bases de datos en internet, investigaciones, bibliotecas, gobernaciones departamentales o alcaldías municipales. En caso de requerir información adicional que no se encuentre en estos medios, lo recomendable es hacer visitas al sitio.

La rigurosidad en la utilización de estas variables depende del tamaño y la capacidad de generación del proyecto en cuestión, pues, los grandes generadores

posiblemente necesiten ser más rigurosos en la cantidad de información disponible respecto a los GD, AGPE y AGGE.

2. Preparar el Business Case Inicial del Proyecto.

- Crear el Informe del Proyecto / Project Brief. Informe general del proyecto que entrega una visión general de alto nivel sobre los objetivos, entregables y procesos del proyecto, es decir, se especifica el alcance del proyecto y si será un GD, AGPE, AGGE o gran generador.
- Crear la Estructura de Desglose de Recursos / Resource Breakdown Structure. Diagrama que se utiliza para representar el desglose jerárquico de los recursos del proyecto por categoría y tipo como materiales, equipos, personal, software, licencias, etc. Los equipos clave de los proyectos fotovoltaicos son los módulos solares, controladores, inversores y baterías (en caso de no interconectarse al SIN) y el personal que integrará el equipo de proyecto deberá estar capacitado con experiencia mínima de 1 año.
- Realizar la evaluación financiera del proyecto, en la cual por medio de unos indicadores se podrá conocer el rendimiento sobre la inversión del proyecto, los indicadores más utilizados son:
 - Valor Presente Neto (VPN) / Net Present Value (NPV). Es un método que se utiliza para hallar la diferencia entre los ingresos financieros futuros menos la inversión original, si el resultado es positivo quiere decir que el proyecto es atractivo porque da la tasa de interés de oportunidad, recupera la inversión y deja un flujo positivo.
 - Tasa Interna de Retorno (TIR) / Internal Rate of Return (IRR). Es el porcentaje de que indica la rentabilidad sobre una inversión, o, dicho de otro modo, es la tasa de descuento que hace al VPN igual a 0; entre más alta sea la TIR, el proyecto será más atractivo al compararlo con la tasa de oportunidad alternativa.
 - Análisis Costo-Beneficio (C/B). Herramienta de análisis financiero que determina los beneficios generados por un proyecto respecto a sus costos. Una medida similar es una relación Beneficio-Costo (B/C), se utilizan las mismas variables, pero el sentido de los beneficios y los costos se

invierten. Para C/B, si el cociente es menor a 1,0 el proyecto no es atractivo porque el valor presente de los ingresos brutos es menor que el valor presente de los costos brutos (valor presente de la inversión más el valor presente de los costos totales); para B/C, si el cociente es mayor a 1,0 se considera atractivo porque el valor presente de los ingresos brutos es mayor que el valor presente de los costos brutos.

- Retorno Sobre la Inversión (RSI) / Return On Investment (ROI). Es el porcentaje que evalúa el rendimiento de los beneficios esperados en relación a los costos. Se calcula restando a los beneficios esperados del proyecto el valor de la inversión, luego ese resultado se divide por el mismo valor de la inversión ((Ingresos-Inversión) / Inversión)). Este indicador también se puede utilizar para calcular si el proyecto está generando rentabilidad en la etapa de operación, cuando se conocen los ingresos reales del proyecto.
- Periodo de Reembolso. Cantidad de tiempo requerido para que el Retorno Sobre la Inversión (RSI) recupere el monto de la inversión inicial.
- Costos de Por Vida. Son los costos totales derivados de la implementación, operaciones y mantenimiento del proyecto en la etapa de operación.
- Beneficios Netos. Representa el valor total de los beneficios del proyecto menos los costos de implementación y operaciones en un periodo de tiempo definido.
- Identificar los riesgos iniciales del proyecto.
 - Lecciones de revisión. Recopilatorio de proyectos anteriores similares, de los cuales se elaboran listas con los principales riesgos que se presentaron durante su gestión, tanto de amenazas como de oportunidades.
 - Estructura Jerárquica de Riesgos Pastel. Herramienta utilizada para fragmentar o dividir las posibles fuentes de riesgo del proyecto en diferentes categorías (político, ambiental, socio-cultural, tecnológico, económico y legal).

- Registro de riesgos. Documento que contiene todos los riesgos identificados en el proyecto.
 - Identificar, Evaluar e Incorporar a los Interesados Clave del Proyecto.
 - Matriz de Stakeholders. Herramienta que permite identificar, comprender, analizar y priorizar a todas las organizaciones, entidades, ciudadanos, etc. Que tengan algún interés en el proyecto o se vean afectados directa o indirectamente por este.
 - Crear el plan de manejo ambiental de elementos residuales. En este se plantea la estrategia que definirá la disposición final de los equipos que han cumplido con su vida útil. Los módulos solares, por ejemplo, tienen una vida útil promedio entre 25 a 30 años.
3. Crear el plan de proyecto.
- Crear el Plan de Gestión de los Costos y Presupuestos. Documento financiero que describe la forma en cómo los costos del personal, material y demás salidas de dinero del proyecto serán planificados, estructurados y controlados.
 - Crear la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) / Work Breakdown Structure (WBS). Es una representación gráfica que descompone jerárquicamente el alcance total de trabajo que realizará el Team Manager en niveles más bajos de detalle para cumplir con los objetivos del proyecto
 - Análisis o Gestión del Valor Ganado (curva S). Gráfico de forma curva (normalmente en forma de S) utilizado para analizar y comparar el rendimiento acumulativo de los costos del proyecto con el tiempo transcurrido. Este gráfico es un requisito inicial obligatorio de los proyectos regulados por la CREG 075, sin embargo, a decisión del Sponsor del proyecto, puede realizarse al comienzo sin importar la capacidad de generación. Este gráfico generalmente se utiliza al final de cada fase de gestión para comparar el progreso del proyecto.
4. Preparar la Documentación Adicional del Proyecto.
- Análisis del ciclo de vida (ACV) / Life Cycle Assessment (LCA). Metodología utilizada para estimar y evaluar el impacto ambiental generado por los productos en todas las etapas de su vida, desde el origen de los materiales utilizados para su construcción hasta su distribución y eliminación final.

La siguiente documentación se relaciona con los requerimientos específicos de las resoluciones CREG 075 y 174, dependiendo si el proyecto es GD, AGPE, AGGE o Grandes generadores. Se necesita

- Evidencia de la verificación de la disponibilidad de conexión para la carga de excedentes. (sitio web del operador de red).
- Formato de conexión simplificada para los generadores de distribución, autogeneradores a pequeña y gran escala. (sitio web de la UPME).
- Manual de los dispositivos que se encuentren inmersos en el proyecto.
- Certificados de capacitación y/o experiencia de la(s) persona(s) o empresa responsable de la instalación.
- Documento donde se certifique el cumplimiento de los inversores.
- Estudio de conexión simplificada, los requisitos e información que deben incluirse en este se encuentran directamente relacionada con la capacidad de generación eléctrica del proyecto (Dirigirse a la Tabla 24 en este documento).

Además de la documentación anterior, los proyectos de grandes generadores necesitan adicionalmente a excepción del estudio de conexión simplificada:

- Licencia y permisos ambientales.
 - Estudio de conexión y disponibilidad de espacio físico.
 - Documento donde se obtiene el derecho del uso del terreno.
 - Hitos y gráfico de curva s.
5. Cargar la documentación a la ventanilla única encontrada en el sitio web de la UPME.
 6. Con el cargue de los documentos, se prosigue con los procedimientos estipulados en las resoluciones CREG 075 y 174, dependiendo del tipo de la capacidad de generación del proyecto.
 7. Realizar las correcciones y ajustes a la documentación del proyecto emitidas por el Operador de Red o la UPME, según aplique.
 8. Enviar nuevamente los documentos dentro de los plazos estipulados (dependiendo del tipo de proyecto) y esperar por la respuesta y aprobación.
 9. Nombrar la Dirección / Junta del Proyecto. (Gestión Empresarial).

- Estructura de Desglose de la Organización del proyecto (OBS). Diagrama que representa de manera jerárquica a la organización ejecutora del proyecto, la cual ilustra la relación entre las actividades del proyecto y las unidades de la organización que llevarán a cabo esas actividades.

10. Definir y Detallar los Roles y Responsabilidades del Team Manager, y seleccionar al Project manager.

- Matriz de Asignación de Responsabilidades o Gráfico de Responsabilidad Lineal (RACI). Es una cuadrícula que identifica los roles y responsabilidades de los miembros del equipo y los relaciona con las tareas del proyecto.

El Project Manager elegido será aquel miembro del Team Manager que cuente con la mayor experiencia en el desarrollo de este tipo de proyectos.

11. Diseñar el Plan de Capacitaciones respecto a las necesidades específicas del equipo. Plan encargado de programar sesiones de entrenamiento, mentoría o coaching necesarios para cubrir los vacíos de conocimiento o competencias de los miembros del Team Manager. Las capacitaciones que se requieren con mayor frecuencia son Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), manejo de equipos y trabajo en alturas.

12. Redactar el Acta de Constitución del Proyecto / Project Charter. Documento emitido por el patrocinador o junta del proyecto, quien(es) otorga(n) formalmente la autoridad al Project Manager de emplear los recursos destinados a las actividades del proyecto.

9.2.2 Fase de Diseño

9.2.2.1 Proceso de Planificación del Proyecto.

13. Elaborar los Planes Estimados de cada Fase de Gestión.

- Método de la Ruta Crítica / Critical Path Method (CPM). Representación gráfica de un diagrama de red conectado por nodos que determina las secuencias lógicas de las tareas, este método estima la duración mínima del proyecto y determina la flexibilidad en la programación de las tareas junto con las actividades indispensables para que no haya cambios en el cronograma.

- Diagrama de Gantt / Gantt Chart. Representación gráfica de un diagrama de barras, usada para planificar la duración de las tareas a lo largo del tiempo, en este diagrama se pueden asignar los recursos necesarios para cada tarea.
- Lista de Actividades / Activity List. Este documento suministra una tabla de las actividades programadas en el cronograma, en donde se describe cada actividad, su identificador y resumen detallado del alcance del trabajo para que los miembros del Team Manager comprendan lo que deben realizar.
- Calendario del Proyecto. Registro de los días laborales y turnos disponibles para realizar las actividades programadas del proyecto.

14. Planificar los Paquetes de Trabajo para cada Fase.

- Diagrama de Flujo de los Productos. Diagrama que representa la secuencia de desarrollo de los productos y las interdependencias entre ellos.

15. Preparar la Estrategia de Gestión de la Calidad.

- Documentación de Requisitos / Requirements Documentation. Es un registro de los requisitos del producto, el cual incluye entre otras cosas la prioridad y los criterios de aceptación de los entregables. (realizado por el Project manager)
- Definición de Terminado / Definition of Done (DoD). Lista de verificación que incluye todos los criterios acordados por la organización, patrocinador y Project Manager para que un entregable se considere listo para ser usado.

16. Elaborar el Plan de Gestión de las Adquisiciones / Procurement Management Plan.

Documento que describe cómo se adquirirán los bienes y servicios necesarios para el desarrollo del proyecto, externos a la organización ejecutante o del patrocinador. Este documento puede incluir elementos como la logística, transporte y almacenamiento de los bienes adquiridos.

17. Preparar la Estrategia de Control del Progreso del Proyecto.

- Informe de Estado. Documento que proporciona información respecto al estado actual del proyecto. Este documento contrasta los datos sobre el avance de las actividades desde el último informe, y permite crear pronósticos sobre el desempeño de los costos y del cronograma. Este informe debe hacerse de manera obligatoria para los Grandes Generadores, el cual debe ser entregado a la UPME con un plazo no mayor a seis (6) meses entre cada informe.

- Informe de Punto de Control. Documento elaborado por el Team Manager para proporcionarle al Project Manager información sobre el progreso de las actividades en un momento específico de la fase de gestión en comparación con el paquete de trabajo. El Project Manager reunirá y usará estos informes como parte de la evaluación del progreso a la hora de revisar el estado de la fase en cuestión.
- Informe al Final de Fase. Documento elaborado por el Project Manager hacia el final de cada fase de gestión, proporcionando a la Junta de Proyecto o patrocinador la información sobre el progreso hasta la fecha y la situación del proyecto en general.
- Diagrama de Flujo Acumulativo (DFA) / Cumulative Flow Diagram (CFD). Diagrama que representa visualmente del avance del proyecto en un punto de tiempo determinado. Se utiliza generalmente para brindar un estado de mayor nivel sobre el avance la totalidad del proyecto y no para mostrar el avance entre un punto a otro.

18. Preparar la Estrategia de Gestión del Riesgo y Adaptación al Cambio.

- Matriz de Probabilidad-Impacto. Cuadrícula usada para calcular la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo multiplicada con su impacto sobre los objetivos del proyecto. Con esta matriz se puede evaluar la severidad de cada riesgo y permite priorizar ordenadamente los riesgos con valores más altos. Generalmente se asigna un valor de forma independiente a la probabilidad y al impacto de acuerdo con una clasificación numérica (ej. 1 a 5) y se efectúa la operación con los valores asignados.
- Árbol de Probabilidad. Representación gráfica utilizada para predecir los resultados que pueden ocurrir por la manifestación de los riesgos en un momento dado.
- Valor Monetario Esperado / Expected Monetary Value (EMV). Es el valor expresado en términos monetarios del impacto económico para el proyecto si se llegase a dar el evento de riesgo. Se calcula multiplicando la probabilidad de que ocurra el riesgo por el valor de su impacto económico.
- Análisis de Evaluación de Riesgos de Monte Carlo. Modelo cuantitativo representado gráficamente como una distribución estadística (Campana de Gauss)

para analizar los riesgos, en el cual mediante la realización de varias simulaciones utilizando números aleatorios, se determina si ocurre o no cada riesgo dentro de un intervalo determinado. Las simulaciones hacen repetidamente para predecir el nivel “medio” de riesgo para el tiempo o coste del proyecto.

9.2.3 Fase de Construcción y Despliegue de Entregables

A partir de este momento comienza la construcción del proyecto, la cual se va a desarrollar y controlar a lo largo de las fases de gestión seleccionadas para el proyecto, cada fase de gestión se compone de cuatro (4) procesos que se deben realizar de forma iterativa para cada fase hasta haber entregado satisfactoriamente todos los entregables del proyecto. Durante toda la ejecución del proyecto se recomienda hacer Daily Standups, en caso de no poder hacerse de manera diaria, en lo posible se deben establecer lapsos de tiempo no muy largos entre cada reunión.

9.2.3.1 Proceso de Control Inicial de Fase.

19. Realizar la reunión de planificación de la fase siguiente.

20. Planificar y Acoplar los Cambios Aprobados de la Fase Siguiente.

Dependiendo si el proyecto es GD, AGPE, AGGE o Gran generador, se tomará la decisión respecto a la forma de acoplar los cambios, puesto que para los grandes generadores por el mayor alcance que tienen, puede ser necesario emplear el proceso riguroso utilizado en PRINCE, de no ser así, se recomienda el método de solicitud de cambios planteado en Scrum

- Reunión de Control de Cambios. Reunión llevada a cabo por la Junta de Proyecto o Sponsor del proyecto con el Project Manager para revisar, evaluar, aprobar o rechazar los cambios del proyecto. Las decisiones adoptadas en esta reunión son registradas y comunicadas tanto al Team Manager como a los interesados correspondientes.

21. Actualizar el Business Case.

22. Actualizar la matriz de Stakeholders.

23. Actualizar el plan de proyecto.

24. Actualizar el registro de riesgos y la estrategia de acciones de respuesta a los riesgos.

25. Autorizar el paquete de trabajo de la fase.

9.2.3.2 Proceso de Gestión de la Entrega de Productos.

26. Aceptar un paquete de trabajo para la fase.
27. Crear los entregables o productos de la fase.
28. Verificar el cumplimiento de los requerimientos de calidad del producto.
29. Entregar el paquete de trabajo terminado.

9.2.3.3 Proceso de Control del Progreso Durante la Fase.

30. Revisar el estado del paquete de trabajo.
 - Scrumboard. También conocido como tablero de tareas o gráfica de proceso, es una herramienta visual que permite al Team Manager organizar y conocer el estado actual de las tareas. La versión más básica de un Scrumboard se divide en tres columnas: Por hacer (To Do) correspondiente al trabajo no iniciado, Trabajo en progreso (In Progress) y trabajo concluido (Completed Work). Se debe dar prioridad a la lista de trabajo pendiente correspondiente a los entregables rechazados de la fase de gestión anterior en caso de haber alguno.
 - Gráfica de Trabajo Pendiente (Burndown Chart) / Trabajo Realizado (Burnup Chart). Este diagrama es una representación gráfica de una línea descendente (Burndown) o ascendente (Burnup) que compara el trabajo pendiente o trabajo realizado durante una fase de gestión con el tiempo de fase transcurrido.
31. Revisar el Estado de la Fase.
 - Análisis o Gestión del Valor Ganado (curva S).
 - Registro de Calidad

9.2.3.4 Proceso de Revisión y Retrospectiva de la Fase

32. Realizar la reunión de revisión de la fase.
33. Verificar el cumplimiento de los requerimientos de calidad de los entregables.
34. Aceptar o rechazar los productos
35. Realizar la reunión de retrospectiva de la fase.

9.2.4 Fase de Cierre

9.2.4.1 Proceso de Lanzamiento y Cierre del Proyecto.

36. Verificar en un último chequeo el cumplimiento de los requerimientos de los productos a entregar

- 37.** Entregar la totalidad de los productos.
- 38.** Finalizando el montaje del proyecto, se debe notificar al Operador de Red en todos los casos y adicionalmente a la UPME si es un proyecto de gran generación, sobre la finalización del proyecto, el OR y la UPME procederán a hacer las visitas técnicas y visuales en los plazos estipulados. Si se cumple con lo estipulado se realizará la conexión al SIN, en caso de encontrarse fallas, se le notificará a la empresa o patrocinador del proyecto para que pueda realizar los respectivos ajustes.
- 39.** Realizar una reunión final de retroalimentación y retrospectiva del proyecto.
- 40.** Autorizar el Cierre Formal del Proyecto.
 - Informe Final del Proyecto. Informe elaborado al final del proyecto por el Project Manager, está dirigido a la Junta del Proyecto o Patrocinador y se utiliza para hacer la evaluación final del proyecto y autorizar su cierre formal.

10. Conclusiones y Recomendaciones

Con los resultados obtenidos en la investigación, se concluye:

- Se constató que en la actualidad Colombia es un país con una oferta energética mayor a la demanda interna, generada principalmente con fuentes hidráulicas (63,4%), medianamente de fuentes fósiles (30,6%) y en menor medida las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable eólica y solar FNCER (6%). A pesar de que la transición energética no se ha generado al ritmo esperado, en años recientes este proceso se ha acelerado de manera significativa, la energía solar pasó de tener una capacidad de generación aproximada al 1,63% del consumo total de energía del país en el 2018 a cerca del 6,08%, y se espera que por medio de los nuevos grandes proyectos solares que se construirán en los próximos años, dicha capacidad aumente hasta un 17,8% de la matriz energética.
- La matriz energética del departamento del Huila se compone únicamente de la energía hidráulica, generada por cinco proyectos energéticos de grandes dimensiones (dos Hidroeléctricas y tres PCH). La energía solar hasta el momento no representa ningún porcentaje dentro de la matriz debido a la inexistencia de grandes proyectos interconectados al SIN, habiendo solo pequeños proyectos de autogeneración en algunos puntos de la región. Los únicos grandes proyectos solares de los que se tiene conocimiento se construirán en los próximos años son tres parques solares con aportes de la empresa ECOPETROL en los municipios de Aipe y Yaguará, un parque solar de una empresa externa en el Desierto de la Tatacoa y un proyecto del Operador de Red ELECTROHUILA, los cuales sumarán una capacidad de generación de 265 MW, equivalente al 2,39% del consumo nacional.
- Para hacer frente al lento proceso en la transición que ha tenido el departamento del Huila en comparación al promedio nacional, ELECTROHUILA ha planteado como estrategia establecer alianzas con la Gobernación del Huila y MINMINAS para desarrollar proyectos solares de autogeneración para las poblaciones rurales apartadas del SIN y que en la actualidad no cuentan con el servicio básico de electricidad (alrededor del 3%) y

nuevos proyectos de grandes dimensiones que atraigan la atención de inversionistas que promuevan el desarrollo industrial del Departamento.

- A partir de la información recolectada de diferentes investigaciones, artículos, tesis y publicaciones científicas nacionales e internacionales, se puede concluir que las variables técnicas y estratégicas a tener en cuenta al momento de estructurar un proyecto energético solar, están relacionadas con las características geográficas y climatológicas del área de construcción del proyecto, la facilidad de acceso por vía terrestre, la macrolocalización y microlocalización del proyecto para el transporte de equipos y personal, las características sociodemográficas y socioculturales de las poblaciones aledañas al proyecto (Stakeholders), los requerimientos técnicos y tecnológicos de los sistemas solares fotovoltaicos y la normatividad que describe los procedimientos requeridos por las autoridades del país, para desarrollar el proyecto de acuerdo con el objetivo que quiera lograr (autogeneración o generación a gran escala).
- En base a lo expuesto, se puede recurrir a diferentes medios electrónicos e informáticos de apoyo para complementar la información relevante para la toma de decisiones respecto al proyecto, como la utilización de software especializado en los estudios de sombra, estudios del potencial solar y diseño de mapas de radiación solar, estudios de suelo, modelados en 3D del proyecto y bases de datos con información sobre los diferentes componentes de los sistemas solares fotovoltaicos.
- En el contexto regional se encontró con una limitante por la inexistencia de investigaciones respecto a la energía solar y los proyectos solares realizados en el departamento del Huila. A grandes rasgos, una primera aproximación se pudo lograr con la ayuda del Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono y del Atlas Climatológico de Colombia elaborados por el IDEAM. Se pudo determinar que el departamento del Huila tiene ciertas ventajas comparativas para desarrollar proyectos solares respecto a otras regiones del país, por disponer en gran parte de su territorio con un relieve plano, temperaturas altas y poca precipitación en la mayor parte del año, intensidad de radiación solar alta y promedio de horas de sol al día y número de días al mes con brillo solar alto.
- Del análisis realizado al campo del conocimiento de gerencia de proyectos, se determinó que si bien las tres metodologías estudiadas tienen ciertas diferencias en sus conceptos como por ejemplo el enfoque de desarrollo sobre el cual se fundamentan, al mismo

tiempo comparten ciertos elementos en común respecto a la gestión del proyecto, destacando especialmente la gestión por fases o iteraciones (Sprints) cuyos principios de ejecución son muy similares.

- Tras haber investigado sobre la energía solar y haber realizado el trabajo de campo en el marco del desarrollo de la investigación, se determinó que no hay una metodología de gestión de proyectos exclusiva para los proyectos solares fotovoltaicos; a raíz de eso, por iniciativa propia se decidió generar una propuesta de metodología híbrida que adaptara los aspectos más relevantes de las metodologías PMI, PRINCE2 y SCRUM y pudiese dar respuesta a las necesidades de este tipo de proyectos.
- Como resultado de la investigación se establecieron los lineamientos para estructurar y ejecutar proyectos solares fotovoltaicos, en donde se tuvieron en cuenta variables técnicas y estratégicas encontradas en la revisión documental, los procesos y actividades de la propuesta metodológica híbrida y los procedimientos legales estipulados en la normatividad colombiana para desarrollar este tipo de proyectos.

De los resultados obtenidos en la investigación, se recomienda:

- Fomentar por parte de la Gobernación del Huila y de las alcaldías municipales, la definición de políticas públicas y campañas dirigidas a la población del Departamento, inversionistas internos y empresas huilenses, que incentiven el desarrollo de proyectos energéticos solares y demás FNCER.
- Incentivar a las instituciones educativas de nivel superior del Departamento a crear programas de estudio o reforzar los programas existentes, relacionados con la energía solar, los proyectos solares fotovoltaicos y el desarrollo de las FNCER en general. Asimismo, motivar a los estudiantes a desarrollar mediante semilleros y grupos de investigación, nuevas investigaciones para el Departamento sobre estos temas relacionados con FNCER.
- Promover acciones para estandarizar y difundir la normatividad, los procedimientos y los trámites requeridos por los diferentes ministerios y entidades nacionales para la estructuración, desarrollo e implementación de los proyectos energéticos basados en las FNCER.

- Utilizar esta investigación como referente de estudio para motivar el desarrollo de nuevos trabajos de investigación y publicaciones académicas, así como para estimular el desarrollo de nuevos proyectos de generación de energías alternativas para el Departamento del Huila y Colombia.

Referencias Bibliográficas

- Arenas Aquino, A. R., Kleiche Dray, M. y Matsumoto Kuwabara, Y. (octubre de 2016). ENERGÍA SOLAR Y MARGINACIÓN. ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN SOCIAL SOBRE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA ARTICULACIÓN DE UNA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN EL MUNICIPIO DE NEZAHUALCÓYOTL, MÉXICO. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(3), 449-461. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v33n3/0188-4999-rica-33-03-449.pdf>
- Artunduaga Rojas, M. C. y Bermeo Méndez, L. M. (2019). La energía solar fotovoltaica como alternativa sostenible de abastecimiento eléctrico en la vereda Charguayaco del municipio de Pitalito Huila. Tesis de posgrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia [UNAD]. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/30964>
- Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica. (2018). *Capacidad instalada en Colombia*. acolgen.org.co. Obtenido de <https://www.acolgen.org.co/#:~:text=en%20Colombia,son%20plantas%20de%20fuentes%20renovables>
- Asociación Colombiana de Grandes Consumidores de Energía Industriales y Comerciales. (diciembre de 2020). INFORME SECTORIAL No.9. Recuperado de <https://www.asoenergia.com/sites/default/files/2021-02/Informe%20sectorial%20No.%209%20-%20Diciembre%202020%20VF.pdf>
- Asociación Colombiana de Grandes Consumidores de Energía Industriales y Comerciales. (diciembre de 2021). INFORME SECTORIAL No.21. Recuperado de <https://www.asoenergia.com/sites/default/files/2022-01/Informe%20sectorial%20Asoenergi%CC%81a%20No.%2021%20-%20Diciembre%202021%20VF.pdf>
- Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA). (6 de febrero de 2021). *¿Qué es la energía eléctrica?*. bbva.com. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-electrica/>

Barrera Salazar, W. A. y Castilla Garzón, F. A. (2018). Propuesta de un Sistema Fotovoltaico para Consumo Eléctrico en el Municipio de Quebradanegra, Cundinamarca. Tesis de grado, Universidad Libre de Colombia, Bogotá, D.C. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/15472>

Barrero, A. (12 de abril de 2022). Las renovables arrasan en todo el mundo. *Energías Renovables*. Obtenido de <https://www.energias-renovables.com/panorama/las-renovables-arrasan-en-todo-el-mundo-20220412>

Benavides Ballesteros, H. O., Simbaqueva Fonseca, O. y Zapata Lesmes, H. J. (2017). Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta Y Ozono de Colombia. Bogotá, D.C. Obtenido de <http://www.andi.com.co/Uploads/RADIACION.compressed.pdf>

Bernal Torres, C. A. (2006). *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Pearson Educación de Colombia Ltda. Obtenido de <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>

Cabeza Rojas, I., Gómez Ramírez, J. y Murcia, J. D. (2018). LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA: POTENCIALES, ANTECEDENTES Y PERSPECTIVAS. Universidad Santo Tomás. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10312/G%c3%b3mez2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Camargo, E. O., Becerra, J. E. y Ortega, J. I. (2017). Caracterización de los potenciales de Energía Solar y Eólica para la integración de Proyectos sostenibles en Comunidades Indígenas en La Guajira Colombia. *Revista Espacios*, 11 - 27. Recuperado el octubre de 2020, de <https://www.revistaespacios.com/a17v38n37/a17v38n37p11.pdf>

Castro, d. J. (30 de septiembre de 2010). Análisis del Potencial Energético Solar en la Región caribe para el Diseño de un Sistema Fotovoltaico. *Revista Inge - CUC*, 6(6). Obtenido de <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/296/286>

CELSIA. (2019). *Todo lo que debes saber sobre ENERGÍA SOLAR en Colombia*.

eficienciaenergetica.celsia.com. Obtenido de <https://eficienciaenergetica.celsia.com/todo-lo-que-debes-saber-sobre-energia-solar-en-colombia/>

CELSIA. (mayo de 2021). *Contenido del Estudio de Conexión Simplificada para*

Autogeneradores Hasta 5 MW y Generación Distribuida. Obtenido de

<https://www.celsia.com/wp-content/uploads/2021/05/Contenido-Estudio-de-Conexion-Simplificado.pdf>

Confecámaras; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo; Red Nacional de Agencias de Desarrollo Local de Colombia; Comisión Regional de Competitividad e Innovación y Cámara de Comercio de Neiva. (2019). *Agenda Integrada de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación del Departamento del Huila*. Neiva. Obtenido de <https://ccneiva.org/wp-content/uploads/2019/07/Agenda-Integrada-CCTI-Huila.pdf>

Córdoba Padilla, M. (2011). *Formulación y Evaluación de Proyectos Segunda Edición*. Ecoe Ediciones. Obtenido de

<http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1206/1/C%C3%B3rdoba-evaluaci%C3%B3n%20de%20proyectos%20da%20ed.pdf>

Decreto 0570 de 2018 [Ministerio de Minas y Energía]. Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con los lineamientos de política pública para la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica y se dictan otras disposiciones. 23 de marzo de 2018.

Decreto 1073 de 2015 [Ministerio de Minas y Energía]. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía. 26 de mayo de 2015.

Decreto 1076 de 2015 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Disponible. 26 de mayo de 2015.

Decreto 1543 de 2017 [Ministerio de Minas y Energía]. Por el cual se reglamenta el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía, FENOGE, adicionando una Sección 5 al Capítulo 3 del Título III de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía 1073 de 2015. 16 de setiembre de 2017.

Decreto 1623 de 2015 [Presidencia de la República de Colombia]. Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=66410>

Decreto 2143 de 2015 [Ministerio de Minas y Energía]. Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo 111 de la Ley 1715 de 2014. 4 de noviembre de 2015.

Decreto 2469 de 2014 [Ministerio de Minas y Energía]. Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración. 2 de diciembre de 2014.

Decreto 2492 de 2014 [Ministerio de Minas y Energía]. Por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda. 3 de diciembre de 2014.

Decreto 348 de 2017 [Ministerio de Minas y Energía]. Por el cual se adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala.

Decreto 829 de 2020 [Ministerio de Hacienda y Crédito Público]. Por el cual se reglamentan los artículos 11, 12, 13 Y 14 de la Ley 1715 de 2014, se modifica y adiciona el Decreto 1625 de 2016, Único Reglamentario en Materia Tributaria y se derogan algunos artículos del

Decreto 1073, Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía. 10 de junio del 2020.

Departamento Administrativo de Presidencia de la República. (septiembre de 2022). GUÍA PARA LA ELABORACIÓN Y CONTROL DE DOCUMENTOS DEL SIGEPRE. Bogotá, D.C. Obtenido de <https://dapre.presidencia.gov.co/dapre/DocumentosSIGEPRE/G-DE-01-Guia-elaboracion-control-documentos.pdf>

Departamento Nacional de Planeación. (2018). Conpes 3934 Política de Crecimiento Verde. Bogotá, D.C. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3934.pdf>

Departamento Nacional de Planeación. (2022). MANUAL PARA LA ELABORACIÓN Y CONTROL DE DOCUMENTOS DEL SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN (SIG) DEL DNP. Bogotá, D.C. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/DNP/SIG/M-PG-03%20Manual%20para%20la%20elaboracion%20y%20control%20de%20documentos%20del%20SIG.Pu.pdf>

E4e Soluciones. (14 de mayo de 2020). *10 respuestas a 10 preguntas de consumo energético*. e4e-soluciones.com. Obtenido de <https://www.e4e-soluciones.com/blog-eficiencia-energetica/10-respuestas-10-preguntas-consumo-energetico>

Electrificadora de Santander (ESSA). (s.f.). *¿Qué es la energía eléctrica?*. essa.com.co. Obtenido de <https://www.essa.com.co/site/comunidad/portal-kids/aprende-sobre-la-energia/-que-es-la-energia-electrica>

Electrificadora del Huila (ELECTROHUILA). (Julio del 2021). REPORTE INTEGRADO 2020. Neiva – Huila. Recuperado de <https://www.ELECTROHUILA.com.co/wp-content/uploads/2021/07/ELECTROHUILA-Reporte-Integrado-2020.pdf>

Enel Green Power. (23 de marzo de 2018). *Enel Green Power México inaugura Villanueva, la planta solar fotovoltaica más grande de las Américas*. Enelgreenpower. Obtenido de

<https://www.enelgreenpower.com/es/medios/news/2018/3/enel-green-power-mexico-inaugura-villanueva-la-planta-solar-fotovoltaica-mas-grande-de-las-americas>

Enel Perú. (2018). *¿Qué es la energía solar y cómo funciona?*. enel.pe. Obtenido de <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-solar-y-como-funciona.html>

Esquivel Silva, D. Y. (2017). Estimación del Potencial energético Solar para la Sede Macarena de la Universidad Distrital, A Partir de Medidas de Radiación Solar Global. Tesis, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, D.C. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7123?locale=en>

FactorEnergía. (18 de junio de 2021). *Energía solar: todo lo que tienes que saber*. Factorenergia.com. Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo/energia-solar/>

Frías Martínez, T. Y. (2012). COLECTOR TÉRMICO FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO A LA RED. Tesis de posgrado, Universidad Tecnológica de Tula - Tepeji. Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/447/1/Tesis%20Teresa%20Yadira%20Fr%C3%ADas%20Mart%C3%ADnez.pdf>

Fundación Aquae. (24 de noviembre de 2021). *Ventajas y desventajas de la energía solar*. fundacionaquae.org. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/energia-solar-ventajas-desventajas/>

Fundación Endesa. (s.f.). *La energía*. fundacionendesa.org. <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/que-es-la-energia>

Gido, J. y Clements, J. P. (2012). *Administración exitosa de proyectos Quinta edición*. Editorial CENGAGE Learning.

Gobernación del Huila y Cámara de Comercio de Neiva. (2015). Agenda Interna-Plan Regional de Competitividad del Huila. Neiva. Obtenido de <https://cchuila.org/servicios-empresariales/informes-economicos/>

Gobernación del Huila, Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario FINAGRO e Instituto Geográfico Agustín Codazzi, citado por colombiamania.com. (2017).

- DEPARTAMENTO DEL HUILA Información general con ciudades y municipios del departamento. Consultado el 4 de agosto de 2021. Recuperado de:
<http://www.colombiamania.com/departamentos/huila.html>
- Gobernación del Huila. (2017). Territorios. huila.gov.co. Obtenido de
<https://www.huila.gov.co/publicaciones/150/territorios/>
- Gobernación del Huila. (2020). Plan de Desarrollo Departamental 2020-2023 "HUILA CRECE". Neiva. Obtenido de <https://www.huila.gov.co/documentos/1336/plan-de-desarrollo-2020-2023/>
- Gómez Ramírez, J. D. (2017). La Energía Solar Fotovoltaica en Colombia: Potenciales, Antecedentes y Perspectivas. Tesis Pregrado, Cundinamarca, Bogotá D.C. Recuperado el 2020, de
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10312/G%c3%b3mez2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gonzales Zamora, V. (2020). Efecto Sombra en los Paneles Solares. Artículo técnico, Lima. Obtenido de https://issuu.com/citeenergia/docs/ing._victor_gonzales_zamora
- Gray, C. F. y Larson, E. W. (2009). *Administración de proyectos Cuarta edición*. McGraw Hill Education.
- GreenFacts. (s.f.). *Electrones*. greenfacts.org. Obtenido de
<https://www.greenfacts.org/es/glosario/def/electrones.htm>
- GreenFacts. (s.f.). *Corriente alterna y corriente continua*. greenfacts.org. Obtenido de
<https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/corriente-alterna.htm>
- Grupo Enel. (2014). *Cronología*. enel.com.co. Obtenido de <https://www.enel.com.co/es/conoce-enel/enel-generacion/el-quimbo/cronologia-represa-del-quimbo.html>
- Grupo Enel. (2020). *Colombia: central hidroeléctrica Betania*. enel.com. Obtenido de
<https://www.enel.com/es/medios/explora/busqueda-fotos/photo/2020/12/central-hidroelectrica-betania-colombia>

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. 1998. *CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO* (NTC 2050).
<https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/ntc%2020500.pdf>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. 2005. *ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA. TERMINOLOGÍA Y DEFINICIONES* (NTC 2775).
<https://docplayer.es/50456524-Norma-tecnica-colombiana-2775.html>
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2007). Estudio del Potencial Solar en Costa Rica. San José De Costa Rica. Obtenido de <http://www.acesolar.org/wp-content/uploads/2016/03/INFORME-FINAL-CONSULTORIA-SOLAR.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2018). Atlas Climatológico, Radiación y Viento. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá D.C. Obtenido de http://www.ideam.gov.co/documents/24277/72007220/PDF_ATLAS/83b33ddd-09ef-4fa6-9419-cdf8b26db260
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (s.f.). *RADIACIÓN SOLAR*. Ideam.gov.co. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar>
- International Energy Agency, citado por Ortega Izquierdo, M. (2016). Análisis de los impactos socioeconómicos de las energías eólica y solar fotovoltaica en Europa. Tesis doctoral, Universidad de Burgos. Obtenido de: <https://riubu.ubu.es/handle/10259/4563>
- Ise, M. A. (2018). Energía solar en la región Centro de Argentina. Informe de ponencia, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires UNNOBA, Mendoza. Obtenido de <https://bdigital.uncu.edu.ar/fichas.php?idobjeto=12912>
- La Guía Solar. (2016). *El fenómeno del niño afectará la producción de electricidad en Colombia*. laguiasolar.com. Obtenido de <http://www.laguiasolar.com/el-fenomeno-del-nino-afectara-la-produccion-de-electricidad-en-colombia/>

- Larco Noboa, N. y Durán Vizcaíno, M. E. (2018). Estudio de las tecnologías aplicadas para la recolección de energía solar. *Revista Akadèmeia*, 17(2), 65-80. Obtenido de <http://revistas.ugm.cl/index.php/rakad/article/view/223/230>
- Leal González, F. A. y Hernández Cely, M. M. (2013). Estudio del Potencial Eólico y Solar de Cúcuta, Norte De Santander. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2(22). Obtenido de https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RCTA/article/view/407/408
- Ledsolar. (11 de abril de 2019). *Celdas fotovoltaicas, qué son y cómo funcionan*. [ledsolar.com.mx](https://www.ledsolar.com.mx). Obtenido de <https://www.ledsolar.com.mx/celdas-fotovoltaicas-y-paneles-solares/>
- Ley 1450 de 2011. (Congreso de Colombia). Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014. 16 de junio de 2011.
- Ley 1715 de 2014. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. 13 de mayo de 2014.
- Ley 1955 del 2019. (Congreso de Colombia). Por el cual se expide el plan nacional de desarrollo 2018-2022 pacto por Colombia, pacto por la equidad. 25 de mayo del 2019.
- Ley 697 de 2001. 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. 3 de octubre de 2006.
- Libretilla. (5 de enero de 2021). *Parque Solar de Bhadla, el parque solar más grande del planeta*. libretilla.com. Obtenido de <https://libretilla.com/parque-solar-mas-grande/>
- Lledó, P. y Rivarola, G. (2007). *Gestión de Proyectos Cómo dirigir proyectos exitosos, coordinar los recursos humanos y administrar los riesgos*. PEARSON EDUCATION S.A.
- López Miranda, A. y Lankenau Caballero, D. (2017). *Administración de proyectos La clave para la coordinación efectiva de actividades y recursos*. PEARSON EDUCATION S.A.

Obtenido de <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1197/1/L%C3%B3pez-Administraci%C3%B3n%20de%20proyectos.pdf>

Méndez Nieta, A. L. y Rivera Aragón, C. (2015). Evaluación del Potencial del Uso de la Energía Solar Fotovoltaica. Tesis de grado, Universidad ICESI, Santiago de Cali. Obtenido de https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/handle/10906/78589

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (2012). Valores para 2012 en salarios mínimos mensuales legales vigentes y para dedicación de tiempo completo. Obtenido de https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/convocatoria/anexo4_4.pdf

Moreno Monsalve, N. A., Sánchez Ayala, L. M. y Velosa García, J. D. (2018). *Introducción a la Gerencia de Proyectos Conceptos y Aplicación*. Ediciones EAN. Obtenido de <https://editorial.universidadean.edu.co/media/acceso-abierto/Introduccion-a-la-gerencia-de-proyectos-conceptos-y-aplicacion-ean.pdf>

N S ENERGY GROUP. (2018). *Bhadla Solar Park, Rajasthan*. Nsenergybusiness. <https://www.nsenergybusiness.com/projects/bhadla-solar-park-rajasthan/>

N S ENERGY GROUP. (2018). *Pavagada Solar Park*. Nsenergybusiness. <https://www.nsenergybusiness.com/projects/pavagada-solar-park/>

Ocampo Camargo, R. D. (2 de junio de 2021). A Colombia le quedan reservas de petróleo para 6,3 años y de gas para otros 7,7. *La República*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/economia/a-colombia-le-quedan-reservas-de-petroleo-para-63-anos-y-de-gas-para-otros-77-3179277>

Office of Government Commerce (2009). *Éxito en la Gestión de Proyectos con PRINCE2™*. Editorial The Stationery Office.

Ojeda Camargo, E., Candelo Becerra, J. E. y Silva Ortega, J. I. (2017). Caracterización de los potenciales de Energía Solar y Eólica para la integración de Proyectos sostenibles en Comunidades Indígenas en La Guajira Colombia. *Espacios*, 38(37). Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/3288>

- Organización de las Naciones Unidas. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
- Oxford Languages and Google. (2022). Diccionario de Español de Google. Obtenido de <https://languages.oup.com/google-dictionary-es/>
- Peláez Tobón, V. y Corredor, J. I. (2016). ¡A propósito del impacto ambiental! Universidad EAN, Bogotá, D.C. Obtenido de <https://repository.ean.edu.co/handle/10882/9017>
- Peña Carrascosa, J. (2016). Estudio y desarrollo de una planta solar fotovoltaica. Tesis de grado, Estudio y desarrollo de una planta solar fotovoltaica. Obtenido de <http://oa.upm.es/44195/>
- Perpiñán Lamigueiro, O. (2020). *ENERGÍA SOLAR Fotovoltaica*. Progenisa. Obtenido de <http://oscarperpinan.github.io/esf/>
- Planas Martí, M. A. y Cárdenas, J. C. (26 de marzo de 2019). *La matriz energética de Colombia se renueva*. Obtenido de <https://blogs.iadb.org/energia/es/la-matriz-energetica-de-colombia-se-renueva/>
- Posso, F., González, J., Guerra, F. y Gómez, H. (14 de junio de 2014). Estimación del potencial de energía solar en Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 55(1), 27 - 43. Recuperado en octubre de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/3477/347732465007.pdf>
- Procuraduría Federal del Consumidor [PROFECO]. (01 de diciembre de 2021). Guía Técnica para Elaborar o Actualizar Lineamientos. Recuperado en mayo de 2022, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/687359/Guia_Tecnica_para_Elaborar_o_Actualizar_Lineamientos.pdf
- Project Management Institute (2021). *El Estándar para la Dirección de Proyectos y Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (GUÍA DEL PMBOK®) SÉPTIMA EDICIÓN*.
- Puig, P. y Jofra, M. (2007). *Energía Solar Fotovoltaica*. Obtenido de <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2007/09/Cuadernos-energias-renovables-para-todos-solar-fotovoltaica-fenercom.pdf>

Resolución 0281 de 2015 [Unidad de Planeación Minero Energética UPME]. Por la cual se define el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala. 5 de junio de 2015.

Resolución 1283 de 2016 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables - FNCR y gestión eficiente de la energía para obtener los beneficios tributarios de que tratan los artículos 11, 12, y 14 de la ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones. 23 de julio de 2018.

Resolución 1303 de 2018 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. por la cual se modifica la resolución 1283 de 2016 y se dictan otras disposiciones. 23 de julio de 2018.

Resolución 1988 de 2017 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por el cual se adoptan metas ambientales y se establecen otras disposiciones. 27 de septiembre del 2017.

Resolución 2000 del 2017 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se establece la forma y requisitos para presentar ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), las solicitudes de acreditación para obtener la exclusión del impuesto sobre las ventas. 29 de septiembre del 2017.

Resolución 201 del 2017 [COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS]. Por la cual se modifica la Resolución CREG 243 de 2016, que define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas. 27 de diciembre del 2017.

Resolución 2017 024 de 2015 [Comisión de Regulación de Energía y Gas]. Por la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el sistema interconectado nacional (SIN) y se dictan otras disposiciones. 13 de marzo de 2015.

Resolución 203 de 2020 [Unidad de Planeación Minero Energética UPME]. por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para acceder a los beneficios tributarios en

inversiones en investigación, desarrollo o producción de energía a partir de Fuentes no Convencionales de Energía – FNCE. 3 de septiembre de 2020.

Resolución 40104 de 2021 [Ministerio de Minas y Energía]. Por la cual se modifica el Manual Operativo del Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE) adoptado mediante la Resolución número 41407 de 2017. 8 de abril de 2021.

Resolución 40193 de 2020 [Ministerio de Minas y Energía]. Por la cual se adopta un complemento al Plan de Expansión de referencia Generación - Transmisión 2019 - 2033. 10 de julio de 2020.

Resolución 40296 de 2020 [Ministerio de Minas y Energía]. Por la cual se reglamenta transitoriamente el otorgamiento de subsidios para el servicio público de energía eléctrica en las Zonas No Interconectadas – ZNI mediante Soluciones Solares Fotovoltaicas Individuales con potencia mayor a 0.5 kW. 7 de octubre de 2020.

Resolución 40531 de 2018 [Ministerio de Minas y Energía]. Por el cual se efectúa una delegación interna de funciones en relación con la administración de los recursos del Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE). 23 de mayo de 2018.

Resolución 40779 de 2019 [Ministerio de Minas y Energía]. Por la cual se adopta el Plan de Expansión de Transmisión 2019 - 2033. 21 de octubre de 2019.

Resolución 40807 de 2018 [Ministerio de Minas y Energía]. Por medio de la cual se adopta el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático para el Sector Minero Energético - PIGCC. 2 de agosto de 2018.

Resolución 41012 de 2015 [Ministerio de Minas y Energía]. Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Etiquetado - RETIQ, con fines de Uso Racional de Energía aplicable a algunos equipos de uso final de energía eléctrica y gas combustible, para su comercialización y uso en Colombia. 18 de septiembre de 2015.

Resolución 41407 de 2017 [Ministerio de Minas y Energía]. Por la cual se expide el Manual Operativo del FENOGE y se dictan otras disposiciones. 12 de diciembre de 2017.

Resolución 585 De 2017 [Unidad de Planeación Minero Energética UPME]. Por la cual se establece el procedimiento para conceptuar sobre los proyectos de eficiencia energética/gestión eficiente de la energía que se presenten para acceder al beneficio tributario de que trata el literal d) del artículo 1.3.1.14.7 del Decreto 1625 de 2016; con sus respectivas modificaciones. 2 de octubre del 2017.

Resolución CREG 030 del 2018 [COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS]. Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional. 01 de marzo del 2018.

Resolución CREG 038 del 2018 [COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS]. Por la cual se regula la actividad de autogeneración en las zonas no interconectadas y se dictan algunas disposiciones sobre la generación distribuida en las zonas no interconectadas. 04 de mayo del 2018.

Resolución CREG 075 del 2021 [COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS]. Por la cual se definen las disposiciones y procedimientos para la asignación de capacidad de transporte en el Sistema Interconectado Nacional. 16 de junio del 2021.

Resolución CREG 174 del 2021 [COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS]. Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional. 7 de octubre del 2021.

Revista Portafolio (05 de abril de 2019). Inauguran el parque solar más grande de Colombia. Revista Portafolio. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/inauguran-el-parque-solar-más-grande-de-colombia-528264>

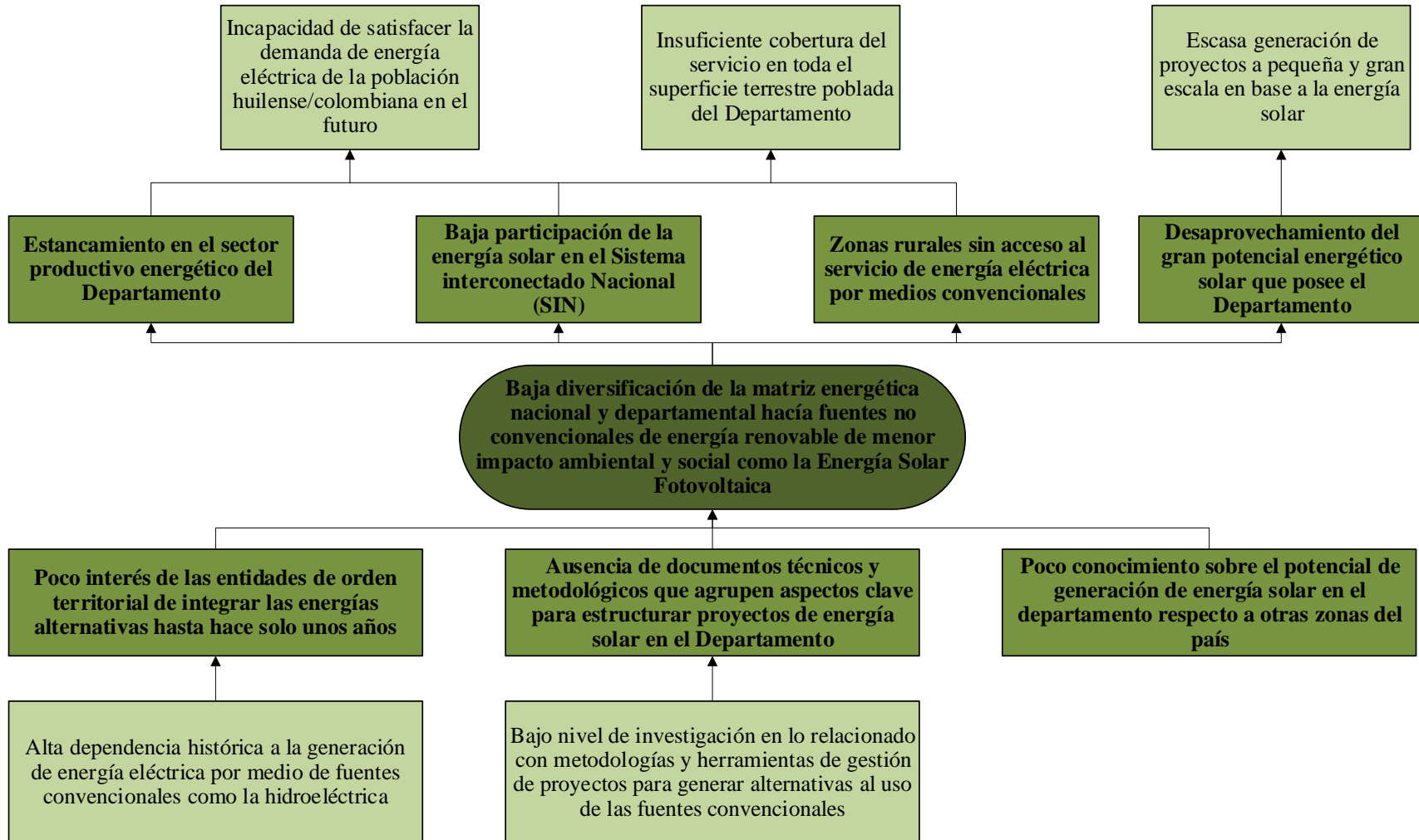
Roca, J. A. (18 de junio de 2020). Las 20 mayores plantas fotovoltaicas del mundo: India manda en el ranking y España entra en el Top 20. *El periódico de la Energía*. Obtenido de <https://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-plantas-fotovoltaicas-del-mundo/>

- Roldán Rojas, J. (junio de 2005). Sistemas fotovoltaicos en Arquitectura y Urbanismo. *Revista de urbanismo*, 12, 45-61. Obtenido de https://web.uchile.cl/vignette/revistaurbanismo/CDA/urb_completa/0,1313,ISID%253D530%2526IDG%253D2%2526ACT%253D0%2526PRT%253D14974,00.html
- Sociedad Española de Astronomía (SEA). (s.f.). *Fotón*. sea-astronomia.es. Obtenido de <https://www.sea-astronomia.es/glosario/foton#:~:text=El%20fot%C3%B3n%20es%20la%20part%C3%A1cula,%2C%20equivalentemente%2C%20por%20su%20frecuencia.>
- Solarama. (febrero de 2021). *Conoce qué son los sistemas fotovoltaicos y su función*. solarama.mx. obtenido de <https://solarama.mx/blog/que-son-los-sistemas-fotovoltaicos/>
- Sotysolar. (26 de abril de 2021). *¿Cómo se produce la energía solar?*. sotysolar.es. Obtenido de <https://sotysolar.es/blog/como-se-produce-la-energia-solar>
- Tridibesh, S. (2017). *Una guía para el Cuerpo de Conocimiento de Scrum (Guía SBOK™) – 3ra Edición*. SCRUMstudy™.
- Umbarila Valencia, L. P., Alfonso Moreno, F. L. y Rivera Rodríguez, J. C. (2015). Importancia de las energías renovables en la seguridad energética y su relación con el crecimiento económico. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(2), 231-242. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5628790>
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2015). Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. Bogotá, D.C. Obtenido de <https://www1.upme.gov.co/Paginas/Plan-Energetico-Nacional-Ideario-2050.asp>
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2016). Plan Estratégico de Participación Ciudadana. Bogotá, D.C. Obtenido de http://www.upme.gov.co/docs/Plan_Estrategico_Participacion_Ciudadana_2016.pdf
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2018). INFORME MENSUAL DE VARIABLES DE GENERACIÓN Y DEL MERCADO ELÉCTRICO COLOMBIANO – AGOSTO DE

2018. Bogotá, D.C. Obtenido de http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2018/Informe_de_variables_Ago_2018.pdf
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2019). PLAN ENERGÉTICO NACIONAL 2020-2050. Bogotá, D.C. Obtenido de https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_documento_para_consulta.pdf
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2019). PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y POTENCIA MÁXIMA EN COLOMBIA. Bogotá, D.C. Obtenido de http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/Proyeccion_Demanda_Energia_Jul_2019.pdf
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2021). PROYECCIÓN DE DEMANDA ENERGÍA ELÉCTRICA Y GAS NATURAL 2021 – 2035. Bogotá, D.C. Obtenido de https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/UPME_Proyeccion_Demanda_Energia_Junio_2021.pdf
- Vázquez Espí, M. (30 de abril de 1999). Una brevísima historia de la arquitectura solar. *Boletín CF+S*, 9. <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n9/amvaz.html>
- XM. (19 de enero de 2022). *Demanda de energía en 2021 marca máximos históricos*. xm.com.co. Obtenido de <https://www.xm.com.co/noticias/4590-demanda-de-energia-en-2021-marca-maximos-historicos>
- XM. (s.f.). *¿Quiénes somos?*. xm.com.co. Obtenido de <https://www.xm.com.co/nuestra-empresa/nosotros/quienes-somos>

Anexos

Anexo 1. (Árbol de Problemas)



Anexo 2. (Diseño Entrevista para Experto en Energía Solar)

Buenas Tardes.

Nos presentamos somos Camilo Andrés Jiménez Castrillón y Juan Felipe Patarroyo Castrillón, Ingenieros Industriales de Profesión Egresados en el año 2019 de la Universidad CORHUILA y actualmente nos encontramos cursando la Maestría en Gerencia Integral de Proyectos en la Universidad Surcolombiana.

El motivo de la presente entrevista es continuar por medio del conocimiento e información que usted nos puede brindar, con el desarrollo de nuestra tesis denominada **Lineamientos Para el Desarrollo Potencial de la Energía Solar Fotovoltaica en el Huila. Una Perspectiva de Gerencia de Proyectos**, para optar por el título de Magister en Gerencia Integral de Proyectos; el proyecto de investigación posee como fin principal elaborar un documento en donde se consignen los principales elementos a tener en cuenta para el desarrollo de proyectos energéticos fotovoltaicos en el departamento del Huila, a fin de incentivar el desarrollo de este tipo de proyectos basados en el uso de FNER.

1. Según su experiencia profesional, ¿Cuáles son las variables a tener en cuenta para determinar la viabilidad de un proyecto de energía solar?
2. ¿Los proyectos eléctricos fotovoltaicos surgen por solicitud del cliente o la empresa a través del mercadeo genera la necesidad en las personas y las incentiva a invertir?
3. A su juicio, ¿Cuál ha sido la evolución de la demanda de proyectos de energía solar para la empresa en los últimos cinco años? ¿cómo cree que se comporte dicha demanda en los próximos cinco años?
4. ¿Actualmente en la empresa se ejecutan más proyectos para el sector empresarial? ¿para proyectos de vivienda familiar? ¿u algún otro sector en específico?
5. ¿Considera que los beneficios y facilidades que otorga la normatividad colombiana para las empresas que desarrollan proyectos solares son suficientes? De no ser así ¿Qué recomendaciones o cambios propondría?
6. ¿Cuáles son las ventajas comparativas y competitivas que tiene el departamento del Huila para el desarrollo de potencial de generación de energía solar fotovoltaica? ¿cuáles son las debilidades?

7. ¿Existe financiación de forma directa con la empresa o existe una entidad financiera o bancaria que brinde apoyo a los clientes?
8. ¿La empresa cuenta con un plan de manejo de elementos residuales al finalizar la vida útil del proyecto? ¿En qué consiste ese plan y cómo se lleva a cabo?
9. ¿Cuáles son los requerimientos legales y los trámites que se deben realizar para llevar a cabo un proyecto energético solar? ¿Ante qué entidades toca realizar estos trámites? ¿son ágiles y sencillos de cumplir?
10. Desde su perspectiva ¿Cuáles son las competencias clave con las que debe contar el personal para desempeñarse dentro de los proyectos energéticos fotovoltaicos?
11. ¿Cuenta el departamento del Huila con suficiente personal capacitado para el desarrollo de este tipo de proyectos?
12. ¿En la empresa se aplican metodologías y herramientas de gerencia de proyectos? De ser así, ¿cuál se utiliza y de qué forma es aplicada en los procesos y actividades de esta?

Anexo 3 (Diseño Entrevista para Experto en Comercialización y Distribución de Energía)

Buenos Días/Tardes.

Nos presentamos somos Camilo Andrés Jiménez Castrillón y Juan Felipe Patarroyo Castrillón, Ingenieros Industriales de Profesión Egresados en el año 2019 de la Universidad CORHUILA y actualmente nos encontramos cursando la Maestría en Gerencia Integral de Proyectos en la Universidad Surcolombiana.

El motivo de la presente entrevista es continuar por medio del conocimiento e información que usted nos puede brindar con el desarrollo de nuestra tesis denominada **Lineamientos Para el Desarrollo Potencial de la Energía Solar Fotovoltaica en el Huila. Una Perspectiva de Gerencia de Proyectos** para optar por el título de Magister en Gerencia Integral de Proyectos; el proyecto de investigación posee como fin principal elaborar un documento en donde se consignen los principales elementos a tener en cuenta para el desarrollo de proyectos energéticos fotovoltaicos en el departamento del Huila a fin de incentivar el desarrollo de este tipo de proyectos basados en el uso de FNER.

1. ¿Cuál es la demanda energética actual del departamento del Huila?
2. Según la UPME, la actual demanda energética del Tolima grande es de 496,8 MW o 2.823 GWh-Año, 235,25 GWh-Mes, 7,85 GWh-Día, y de acuerdo con la proyección hacia el año 2035 se estima que dicha demanda aumentará al 4,6%, lo que equivale para este año a una demanda energética de 615 MW o un consumo de 4.902 GWh-Año, 408 365 GWh-Mes y 13,61 365 GWh-Día; con base en lo anterior ¿Cuál es la demanda proyectada de energía eléctrica que tiene estimada para el departamento del Huila en los próximos 10 años?
3. ¿Esta variación de la demanda considera usted que será suministrada por la electrificadora del Huila a través de su proceso de comercialización? ¿O por el contrario esa demanda será atendida por la compra directa en bolsa o el aumento de desarrollo de proyectos energéticos que no se encuentren conectados al SIN?
4. Teniendo en cuenta la variación de la demanda en el sector energético y la aparición de nuevas fuentes de energía ¿ELECTROHUILA ha pensado en incursionar en la generación de nuevos proyectos de energía tradicionales o alternativos?
5. De la información que hemos obtenido se podría establecer que la demanda energética en el departamento del Huila está en gran parte en el sector comercial y vivienda; ¿Nos podría por

favor confirmar esta información? De ser afirmativa esta respuesta ¿Cómo consideraría usted que puede ser la evolución de la demanda energética en los demás sectores? Como por ejemplo el industrial

6. ¿Qué porcentaje de la población del departamento del Huila se encuentra conectado al SIN?
7. ¿Qué estrategias ha pensado ELECTROHUILA para suplir la demanda de la población que no se encuentra conectada al SIN?
8. ¿Qué opinión posee usted con respecto al uso de la energía solar fotovoltaica? Y ¿Qué piensa del auge y desarrollo que han presentado los proyectos energéticos solares fotovoltaicos en Colombia y el Huila?
9. ¿Qué experiencia ha tenido la electrificadora en el desarrollo de proyectos energéticos solares? De ser afirmativa la respuesta ¿Qué dificultades se han presentado en el desarrollo de estos proyectos?
10. En el caso de que se presente el desarrollo de un proyecto de una empresa o un particular de generación de energía solar ¿Qué requisitos técnicos o legales exige la electrificadora para que este se conecte al SIN? ¿Existen diferencias en el proceso entre los auto generadores y grandes generadores?
11. ¿Cómo ha evolucionado la comercialización bidireccional de energía solar fotovoltaica que se produce por personas naturales o empresas y el operador de red ELECTROHUILA en los últimos cinco años? ¿cómo creen que se encuentre esta situación en los próximos diez años? ¿qué oportunidades y retos traerá esto para la empresa más adelante?

Anexo 4 (Entrevista con Respuesta Experto en Energía Solar)

Buenas Tardes.

Nos presentamos somos Camilo Andrés Jiménez Castrillón y Juan Felipe Patarroyo Castrillón, Ingenieros Industriales de Profesión Egresados en el año 2019 de la Universidad CORHUILA y actualmente nos encontramos cursando la Maestría en Gerencia Integral de Proyectos en la Universidad Surcolombiana.

El motivo de la presente entrevista es continuar por medio del conocimiento e información que usted nos puede brindar, con el desarrollo de nuestra tesis denominada **Lineamientos Para el Desarrollo Potencial de la Energía Solar Fotovoltaica en el Huila. Una Perspectiva de Gerencia de Proyectos**, para optar por el título de Magister en Gerencia Integral de Proyectos; el proyecto de investigación posee como fin principal elaborar un documento en donde se consignent los principales elementos a tener en cuenta para el desarrollo de proyectos energéticos fotovoltaicos en el departamento del Huila, a fin de incentivar el desarrollo de este tipo de proyectos basados en el uso de FNER.

a. Según su experiencia profesional, ¿Cuáles son las variables a tener en cuenta para determinar la viabilidad de un proyecto de energía solar?

RTA:

Los proyectos energéticos solares fotovoltaicos se clasifican según su tamaño en dos, los proyectos a gran escala como lo son las granjas solares y los proyectos a menor escala que son los denominados como “de energía distribuida”, que se instalan en las empresas y residencias para su autoabastecimiento. Además, también se clasifican por el tipo de conexión que mantengan con el sistema interconectado; por ello, existen los On Grid, que son los proyectos que se conectan con el Sistema Interconectado para el respectivo cargue de los excedentes de energía y el abastecimiento del sistema cuando las condiciones solares no logren a abastecer la red interna; por otra parte, se tienen los Off Grid que son los proyectos energéticos solares totalmente independientes del SIN utilizados en zonas no interconectadas y su característica principal es el contar con baterías para almacenar el excedente generado por el sistema y así asegurar el fluido continuo de energía debido a que no se cuenta con la red del SIN. La mayoría de proyectos que ha manejado, montado y estructurado SunnyApp a la fecha se caracterizan por

encontrarse interconectados a la red (On Grid) y ser de energía distribuida (Residenciales / Comerciales de pequeña escala).

Además de analizar las variables medio ambientales como lo es el nivel de radiación solar, el número de horas sol al día y el número de días con sol al año en la zona donde se va a montar el proyecto, se deben determinar las variables directas como lo son: Consumo promedio de energía, tarifa de la energía, la clase de usuario (Si es regulado o no regulado), el tipo de infraestructura (Cubierta) y disponibilidad del transformador bidireccional.

b. ¿Los proyectos eléctricos fotovoltaicos surgen por solicitud del cliente o la empresa a través del mercadeo genera la necesidad en las personas y las incentiva a invertir?

RTA:

En la actualidad SunnyApp realiza una fuerte campaña de marketing, dando a conocer los proyectos energéticos solares fotovoltaicos y sus beneficios, buscando generar la necesidad en los clientes. Un 70% de los clientes se generan por medio de la creación de la necesidad a partir de las campañas que realiza SunnyApp, mientras que el 30% de los clientes restantes se caracterizan por venir buscando con anterioridad el desarrollo de la inversión debido al conocimiento previo que poseían con respecto a los proyectos energéticos solares fotovoltaicos.

c. A su juicio, ¿Cuál ha sido la evolución de la demanda de proyectos de energía solar para la empresa en los últimos cinco años? ¿cómo cree que se comporte dicha demanda en los próximos cinco años?

RTA:

En los últimos años 5 años la empresa ha experimentado un crecimiento exponencial caracterizado por la triplicación e incluso cuadruplicación de proyectos energéticos solares fotovoltaicos de un año a otro, incluso a nivel nacional otras empresas caracterizadas por el desarrollo del mismo tipo de proyectos han presentado la misma evolución; sin embargo, la penetración de los proyectos energéticos solares en Colombia sigue siendo baja, debido a que esta fuente energética aún no posee un porcentaje representativo en la matriz energética nacional. Por lo cual, el mercado cautivo es aún gigante y muy seguramente se encuentra a la espera de

que crezca la curva de adaptación, exista un mayor número de casos de éxito y los costos de los equipos y la instalación de los proyectos de energía solar fotovoltaica sean menores para que se encuentren al alcance de un mayor porcentaje de la población.

d. ¿Actualmente en la empresa se ejecutan más proyectos para el sector empresarial? ¿para proyectos de vivienda familiar? ¿u algún otro sector en específico?

RTA:

La mayoría de los proyectos desarrollados por la empresa son los conocidos como de energía distribuida, que se caracterizan por instalarse en las empresas y residencias para su autoabastecimiento. Estos proyectos además son On Grid, lo que significa que se mantienen conectados de forma constante con el SIN, por lo cual, no requieren de baterías. En la actualidad el 50% se encuentra relacionado con el sector residencial y el 50% restante con el comercial e industrial.

e. ¿Considera que los beneficios y facilidades que otorga la normatividad colombiana para las empresas que desarrollan proyectos solares son suficientes? De no ser así ¿Qué recomendaciones o cambios propondría?

RTA:

El marco regulatorio para los proyectos energéticos basados en fuentes renovables no convencionales se abrió en Colombia con la ley 1715 del 2014, en donde se inició a indicar cómo debe ser la estructuración para el uso e implementación de proyectos energéticos basados en fuentes no convencionales de energía renovable.

Por otra parte, la resolución de la CREG 030 del 2018 habla de la inyección de los excedentes de energía, pero recalca el cobro que se realiza por unidad cargada e indica que si se quieren incentivar este tipo de proyectos se debe pagar la energía al mismo precio que se compra.

Por último, se tiene la resolución de la CREG 176 del 2016, por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional.

f. ¿Cuáles son las ventajas comparativas y competitivas que tiene el departamento del Huila para el desarrollo de potencial de generación de energía solar fotovoltaica? ¿cuáles son las debilidades?

RTA:

El departamento del Huila cuenta con excelentes condiciones medio ambientales para el desarrollo de proyectos de energía solar, debido a que cuenta con óptimos niveles de radiación solar en la mayor parte del territorio nacional además de no contar con estaciones, y por lo tanto, la luz solar en el departamento es continua a lo largo del año. Un problema que posee el departamento del Huila es la cultura de las personas, debido a la falta de interés con el que se cuenta para el desarrollo e innovación de nuevos proyectos; este panorama tan complejo dificulta para el desarrollo de los proyectos solares fotovoltaicos en el departamento del Huila.

g. ¿Existe financiación de forma directa con la empresa o existe una entidad financiera o bancaria que brinde apoyo a los clientes?

RTA:

En el momento la empresa cuenta con convenios con bancos privados (Bancolombia y Davivienda) que se encargan del financiamiento de los proyectos, pero actualmente la empresa ha iniciado con planes piloto para el financiamiento directo de los proyectos a 8 años.

h. ¿La empresa cuenta con un plan de manejo de elementos residuales al finalizar la vida útil del proyecto? ¿En qué consiste ese plan y cómo se lleva a cabo?

RTA:

La empresa cuenta con un sistema de gestión de calidad certificado con la ISO 9001 del 2015, dentro del cual se encuentra la gestión de residuos generales; pero como tal, para el manejo de los residuos que se generan al finalizar la vida útil de los proyectos no se cuenta con un plan en la actualidad.

i. ¿Cuáles son los requerimientos legales y los trámites que se deben realizar para llevar a cabo un proyecto energético solar? ¿Ante qué entidades toca realizar estos trámites? ¿son ágiles y sencillos de cumplir?

RTA:

Los principales son:

- Importación de los equipos, que se tramita con la DIAN.
- Permiso de conexión con el operador de red (ELECTROHUILA).
- Beneficios tributarios con la UPME.

j. Desde su perspectiva ¿Cuáles son las competencias clave con las que debe contar el personal para desempeñarse dentro de los proyectos energéticos fotovoltaicos?

RTA:

SunnyApp, al ser una empresa completa se debe contar con una planta de personal íntegro y capacitado en cada uno de los procesos que se requieren, los cuales van desde lo comercial hasta lo contable. Pasando por el desarrollo de los proyectos energéticos solares fotovoltaicos, que es el fuerte de la empresa, se debe contar con personal capacitado en lo relacionado con el trabajo en alturas para la instalación de los equipos y los profesionales en sistemas eléctricos (Ingenieros Electricistas e Ingenieros de Energías renovables), para la proyección, desarrollo y mantenimiento de los sistemas.

k. ¿Cuenta el departamento del Huila con suficiente personal capacitado para el desarrollo de este tipo de proyectos?

RTA:

Desde la perspectiva general sí, el mayor déficit de este tipo de proyectos en el departamento del Huila se encuentra en lo relacionado con los ingenieros electricista, que la empresa ha suplido con personal idóneo de otras partes del país como Pereira y Bogotá.

I. ¿En la empresa se aplican metodologías y herramientas de gerencia de proyectos? De ser así, ¿cuál se utiliza y de qué forma es aplicada en los procesos y actividades de esta?

RTA:

Se maneja principalmente la metodología Scrum y el software para la gestión y gerencia de proyectos de Oracle.

Gracias por su atención, el tiempo y la valiosa información que nos ha brindado.

NOTA:

La entrevista se desarrolló el día viernes 19 de agosto del 2022 en horas de la tarde en las oficinas principales de SunnyApp, ubicadas en el Parque Industrial de Palermo (Kilometro 1 vía Neiva – Palermo), entre los estudiantes de la Maestría en Gerencia Integral de Proyectos de la Universidad Surcolombiana Camilo Andres Jimenez Castrillon y Juan Felipe Patarroyo Castrillon y el presidente y Cofundador de SunnyApp Camilo Rojas.

Anexo 5 (Entrevista con Respuesta Experto en Comercialización y Distribución de Energía)

Buenos Días/Tardes.

Nos presentamos somos Camilo Andrés Jiménez Castrillón y Juan Felipe Patarroyo Castrillón, Ingenieros Industriales de Profesión Egresados en el año 2019 de la Universidad CORHUILA y actualmente nos encontramos cursando la Maestría en Gerencia Integral de Proyectos en la Universidad Surcolombiana.

El motivo de la presente entrevista es continuar por medio del conocimiento e información que usted nos puede brindar con el desarrollo de nuestra tesis denominada **Lineamientos Para el Desarrollo Potencial de la Energía Solar Fotovoltaica en el Huila. Una Perspectiva de Gerencia de Proyectos** para optar por el título de Magister en Gerencia Integral de Proyectos; el proyecto de investigación posee como fin principal elaborar un documento en donde se consignen los principales elementos a tener en cuenta para el desarrollo de proyectos energéticos fotovoltaicos en el departamento del Huila a fin de incentivar el desarrollo de este tipo de proyectos basados en el uso de FNER.

1. ¿Cuál es la demanda energética actual del departamento del Huila?

RTA:

Teniendo en cuenta el total de la demanda energética de la región del Tolima Grande, se puede indicar que la demanda del departamento del Huila equivale aproximadamente al 40% del total del Tolima Grande. Por políticas internas de la Electrificadora los datos exactos no pueden ser suministrados.

2. Según la UPME, la actual demanda energética del Tolima grande es de 496,8 MW o 2.823 GWh-Año, 235,25 GWh-Mes, 7,85 GWh-Día, y de acuerdo con la proyección hacia el año 2035 se estima que dicha demanda aumentará al 4,6%, lo que equivale para este año a una demanda energética de 615 MW o un consumo de 4.902 GWh-Año, 408 365 GWh-Mes y 13,61 365 GWh-Día; con base en lo anterior ¿Cuál es la demanda proyectada de energía eléctrica que tiene estimada para el departamento del Huila en los próximos 10 años?

RTA:

ELECTROHUILA proyecta que el crecimiento de la demanda energética en el Departamento se mantendrá entre un 2,5% y el 3%.

- 3. ¿Esta variación de la demanda considera usted que será suministrada por la electrificadora del Huila a través de su proceso de comercialización? ¿O por el contrario esa demanda será atendida por la compra directa en bolsa o el aumento de desarrollo de proyectos energéticos que no se encuentren conectados al SIN?**

RTA:

Colombia al ser un país que cuenta con el Sistema Interconectado Nacional, se asegura que el fluido eléctrico será constante y seguro. La Electrificadora del Huila proyecta mantener su nivel de comercialización y distribución de energía conforme la demanda aumente, recalcando el auge y crecimiento que han presentado y seguirán presentando los proyectos basados en las FNCER que en el Huila y Colombia van a aumentar su participación, y por lo tanto, la UPME se encuentra evaluando y analizando los respectivos puntos de conexión para los nuevos proyectos.

De igual forma se tiene presente la importancia y el aumento que han presentado los proyectos energéticos de auto abastecimiento en residencias e industrias, que los hacen en una mayor medida independiente de la comercialización de la electrificadora.

- 4. Teniendo en cuenta la variación de la demanda en el sector energético y la aparición de nuevas fuentes de energía ¿ELECTROHUILA ha pensado en incursionar en la generación de nuevos proyectos de energía tradicionales o alternativos?**

RTA:

El 15 de junio del presente año (2022) ELECTROHUILA presentó a la UPME un plan ambicioso que consta de 11 proyectos energéticos anclados al STR (9) y al STN (2), en miras de anillar al Huila en una red de 115kW en un lapso de 10 años. Por otra parte, ELECTROHUILA está en la constante promoción de masificación de los proyectos energéticos.

Los principales proyectos energéticos a los que le está apuntando la Electrificadora del Huila para acrecentar su capacidad de generación eléctrica, son el aumento de las PCH como La Pita en Iquira 1 y 2, la empresa también cuenta un proyecto energético solar aprobado de 10 MW y que está próximo a iniciar con su montaje. Por otra parte, y con el fin de aumentar los niveles de participación de las FNCER, ELECTROHUILA como empresa está impulsando los pequeños proyectos de autoabastecimiento mediante alianzas con empresas expertas en el desarrollo de proyectos energéticos solares para ofrecer el servicio de acompañamiento y financiación a sus clientes, estos se encuentran regulados por la resolución 174 de la CREG.

ELECTROHUILA desde la actualidad se encuentra robusteciendo la red eléctrica de 115 kW para la recepción de la energía generada por los nuevos proyectos que se generen (HUILA NORTE 115 – ALTAMIRA/PLATA), son los primeros proyectos que se están desarrollando para el anillo energético del departamento.

5. De la información que hemos obtenido se podría establecer que la demanda energética en el departamento del Huila está en gran parte en el sector comercial y vivienda; ¿Nos podría por favor confirmar esta información? De ser afirmativa esta respuesta ¿Cómo consideraría usted que puede ser la evolución de la demanda energética en los demás sectores? Como por ejemplo el industrial

RTA:

Efectivamente, en la actualidad el sector comercial y residencial son los que mayor demanda energética poseen en el departamento, EletroHuila por medio de la mejora de la red busca convertir al Huila en un departamento referente para la industria en lo relacionado con la oferta y consumo de energía eléctrico, con la finalidad de atraer inversión para el desarrollo y ampliación del sector industrial que incentiven el progreso de la región, enfocándose en sectores como lo es el agroindustrial gracias al potencial que posee el departamento por sus condiciones medio ambientales.

Lo ideal es que la demanda energética en el departamento se diversifique; aumentando la participación de los diferentes sectores industriales ya que por medio de este panorama el departamento tiene la posibilidad de progresar.

6. ¿Qué porcentaje de la población del departamento del Huila se encuentra conectado al SIN?

RTA:

El 97% de la población del departamento del Huila cuenta con cobertura de red eléctrica, ELECTROHUILA cuenta actualmente con aproximadamente 420.000 usuarios.

7. ¿Qué estrategias ha pensado ELECTROHUILA para suplir la demanda de la población que no se encuentra conectada al SIN?

RTA:

ELECTROHUILA ha iniciado alianzas con la Gobernación del Huila y el Ministerio de Minas y Energía para el desarrollo de proyectos que aumenten los niveles de cobertura en el Departamento.

Los proyectos que se han tratado en estas alianzas son de dos tipos, el primero de ellos es la expansión del sistema interconectado en el territorio departamental y proyectos fotovoltaicos independientes, que son utilizados fundamentalmente para comunidades y vivienda en zonas rurales retiradas en donde llevar el sistema interconectado es excesivamente costoso.

8. ¿Qué opinión posee usted con respecto al uso de la energía solar fotovoltaica? Y ¿Qué piensa del auge y desarrollo que han presentado los proyectos energéticos solares fotovoltaicos en Colombia y el Huila?

RTA:

La energía eléctrica es indispensable para el desarrollo de la mayoría, por no decir todas las actividades sociales, económicas e industriales que están presentes en la actualidad; además, esta genera calidad de vida, y por ende, la diversificación de las fuentes de energía es indispensable para mantener el estilo de vida que actualmente posee la humanidad, pero es necesaria para ayudar a disminuir el impacto ambiental que generan las fuentes de energía convencional.

Colombia es un país que por su ubicación geográfica se caracteriza por tener altos niveles de radiación y no contar con estaciones, lo cual, lo favorece para la implementación

de proyectos solares, con miras a disminuir la dependencia que posee actualmente el país en lo relacionado con los hidrocarburos.

La transición energética ELECTROHUILA lo ve como una oportunidad de mejora y de negocio.

9. ¿Qué experiencia ha tenido la electrificadora en el desarrollo de proyectos energéticos solares? De ser afirmativa la respuesta ¿Qué dificultades se han presentado en el desarrollo de estos proyectos?

RTA:

En la actualidad, ELECTROHUILA se encuentra en el proceso de planeación y desarrollo de una granja solar con una capacidad de generación eléctrica de 10MW, la principal limitante con la que se ha encontrado la empresa al momento de iniciar con este proyecto es el desconocimiento en muchos factores técnicos debido a que es el primer proyecto de este tipo y tamaño que desarrolla la empresa, pero se asegura que con el pasar del tiempo y con la experiencia que se vaya ganando, estas limitantes se irán disminuyendo al punto de ser nulas, debido a que el departamento del Huila cuenta con excelentes condiciones medio ambientales para el desarrollo de este tipo de proyectos energéticos.

10. En el caso de que se presente el desarrollo de un proyecto de una empresa o un particular de generación de energía solar ¿Qué requisitos técnicos o legales exige la electrificadora para que este se conecte al SIN? ¿Existen diferencias en el proceso entre los auto generadores y grandes generadores?

RTA:

La UPME revisa y aprueba todo lo relacionado con los grandes proyectos energéticos que se van a conectar y cargar energía al SIN, en la resolución 075 de la CREG se establecen los requisitos para presentar un proyecto.

Por parte de los autogeneradores, ELECTROHUILA ha diseñado un plan para el manejo e integración de las cargas generadas por los excedentes de producción y este se especifica en la “Cartilla Para Conexión De Autogeneradores (AGPE) Y Generadores Distribuidos (GD) En El Sistema Operado Por ELECTROHUILA S.A E.S.P”. Este tipo de

clientes se encuentra regulado por la resolución 174 de la CREG, y recalca que las solicitudes para el cargue de energía a partir de los autogeneradores ha venido presentando un aumento sustancial en los últimos años.

11. ¿Cómo ha evolucionado la comercialización bidireccional de energía solar fotovoltaica que se produce por personas naturales o empresas y el operador de red ELECTROHUILA en los últimos cinco años? ¿cómo creen que se encuentre esta situación en los próximos diez años? ¿qué oportunidades y retos traerá esto para la empresa más adelante?

RTA:

En la resolución 174 de la CREG se indican los pasos que deben seguir y los requisitos que deben cumplir las personas interesadas en convertir sus empresas o residencias en autogeneradores; por otra parte, ELECTROHUILA mediante la “Cartilla Para Conexión De Autogeneradores (AGPE) Y Generadores Distribuidos (GD) En El Sistema Operado Por ELECTROHUILA S.A E.S.P.” detalla de forma interna y específica para sus clientes cuál es el proceso y los requisitos que deben cumplir al momento de iniciar con el proceso de la comercialización bidireccional.

Recalca que en los últimos años este tipo de solicitudes ha venido presentando un crecimiento; por lo cual, asegura que estos proyectos seguirán creciendo de forma acelerada y ELECTROHUILA por su parte seguirá ampliando y mejorando su infraestructura para mejorar y asegurar la transición de energía eléctrica generada por los nuevos proyectos que se generen.

Información extra recolectada:

- La UPME dio a un tercero un proyecto energético que consiste en un parque solar por 200 MW que se conecta al STN y se proyecta finalizar en 4 años. ELECTROHUILA desea y busca que se sigan aprobado este tipo de proyectos, de igual forma está preparando la red para poder absorber y/o transportar toda la energía producida por estos proyectos.

- Cuando los proyectos energéticos superan los 20 MW, el centro nacional de despacho es el encargado de dar la directriz sobre el destino de la energía producida, cuando es menor simplemente se carga al SIN y realiza el reporte al centro nacional de operación mediante XM.
- Al 2025 se proyecta que las FNER aumenten su participación dentro de la Matriz energética nacional del 1% a un 12% o 15%.
- Los paneles solares en la parte inferior poseen diodo, material conocido por ser relativamente ineficiente al sobrecalentarse, por lo cual se deben revisar sistemas de refrigeración adicionales.

Gracias Por su atención, el tiempo y la valiosa información que nos ha brindado.

NOTA:

La entrevista se desarrolló el día miércoles 24 de agosto del 2022 en horas de la tarde, en las oficinas de la sede del Bote de la Electrificadora del Huila ubicadas en el kilómetro 1 vía Neiva – Palermo, entre los estudiantes de la Maestría en Gerencia Integral de Proyectos de la Universidad Surcolombiana Camilo Andres Jimenez Castrillon y Juan Felipe Patarroyo Castrillon y el Subgerente de Distribución de la Electrificadora del Huila Oscar Iván González.