



**TGI**  
Grupo Energía Bogotá

**PLAN DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

**GASODUCTO APIAY - VILLAVICENCIO - OCOA**

**EXPEDIENTE AMBIENTAL LAM1063**

**ENERO 2025**



**TGI**  
Grupo Energía Bogotá

## **PLAN DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

### **GASODUCTO APIAY - VILLAVICENCIO – OCOA**

#### **EXPEDIENTE AMBIENTAL LAM01063**

##### ÍNDICE GENERAL

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1</b>	<b>ALCANCE</b> .....	<b>7</b>
<b>1.2</b>	<b>CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO</b> .....	<b>7</b>
1.2.1	Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS .....	7
1.2.2	Política Nacional de Cambio Climático – PNCC .....	7
1.2.3	Ley 1931 de 2018.....	7
1.2.4	Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático – TCNCC .....	8
1.2.5	Plan Integral de Gestión del cambio climático sectorial .....	8
<b>1.3</b>	<b>OBJETIVO Y METAS DEL PLAN</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>EVALUACIÓN DE RIESGOS CLIMÁTICOS</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>ANÁLISIS DE RIESGOS CLIMÁTICOS</b> .....	<b>12</b>
<b>4.1</b>	<b>FASE 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>12</b>
4.1.1	Estación de Compresión de Gas de (ECG) Villavicencio.....	13
<b>4.2</b>	<b>FASE 2. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS CLIMÁTICOS</b> .....	<b>15</b>
4.2.1	Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático a nivel departamental .....	15
4.2.1.1	Meta .....	16
4.2.2	Modelación Escenarios de Variabilidad Climática y Cambio Climático para la Zona .....	17
4.2.2.1	Datos Observados.....	17
4.2.2.2	Datos futuros de escenarios de cambio climático.....	18
4.2.2.3	Caracterización climática de la Precipitación y de las Temperaturas Máxima y Mínima .....	20
4.2.2.3.1	Escenarios de precipitación .....	23
4.2.2.3.2	Escenarios de temperatura máxima .....	23
4.2.2.3.3	Escenarios de temperatura mínima .....	23
4.2.3	Análisis de la amenaza por Cambio Climático .....	27
4.2.3.1	Cambio proyectado de la Precipitación bajo escenarios de cambio climático .....	27
4.2.3.2	Amenaza por movimientos en masa.....	28
4.2.3.3	Amenaza por inundación .....	29
4.2.3.4	Amenaza por Incendio de la Cobertura Vegetal .....	30

<b>4.3</b>	<b>FASE 3. CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD .....</b>	<b>32</b>
4.3.1	Cuantificación de la sensibilidad .....	32
4.3.2	Cuantificación de la capacidad adaptativa .....	34
4.3.3	Vulnerabilidad del Sistema .....	36
4.3.3.1	Vulnerabilidad del Sistema por Movimientos en Masa .....	36
4.3.3.2	Vulnerabilidad del Sistema por Inundación.....	37
4.3.3.3	Vulnerabilidad del Sistema por Incendios Forestales .....	37
<b>4.4</b>	<b>FASE 4. RIESGO CLIMÁTICO .....</b>	<b>38</b>
4.4.1	Riesgo Climático del Sistema .....	38
4.4.2	Riesgo Climático Total.....	38
<b>5</b>	<b>PLANIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN .....</b>	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>PASO 3. MONITOREO Y EVALUACIÓN .....</b>	<b>46</b>
<b>6.1</b>	<b>BATERÍA DE INDICADORES DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN.....</b>	<b>46</b>
<b>6.2</b>	<b>PLAN DE ACCIÓN PARA LAS MEDIDAS .....</b>	<b>48</b>
<b>7</b>	<b>COMUNICACIÓN Y PARTICIPACIÓN .....</b>	<b>49</b>
<b>7.1</b>	<b>POBLACIÓN OBJETIVO .....</b>	<b>49</b>
<b>7.2</b>	<b>SISTEMA DE COMUNICACIÓN .....</b>	<b>49</b>
7.2.1	Canales Digitales Internos.....	49
7.2.2	Canales Digitales Externos .....	50
7.2.3	Espacios Formativos .....	50
<b>7.3</b>	<b>PROGRAMA DE DIVULGACIÓN .....</b>	<b>50</b>

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.	Ramales del gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa.....	13
Tabla 2.	Condiciones de proceso ECG Villavicencio .....	13
Tabla 3.	Veredas por donde discurre el Gasoducto.....	15
Tabla 4.	Riesgo climático del departamento del Meta .....	16
Tabla 5.	Eventos extremos reportados en el departamento del Meta .....	16
Tabla 6.	Escenarios de cambio climático 2011 - 2100 para el departamento del Meta .....	17
Tabla 7.	Detalles de las estaciones hidrometeorológicas ubicadas en la zona de estudio .....	17
Tabla 8.	Listado de modelos disponibles del CMIP6 en el proyecto NASA NEX-GDDP .....	19
Tabla 9.	Categorías de normalización establecidos para el indicador “Cambio proyectado de la Precipitación bajo escenarios de cambio climático” .....	27
Tabla 10.	Niveles de amenaza del indicador “Cambio proyectado de la Precipitación bajo escenarios de cambio climático”, bajo los 3 escenarios SSP en los 3 periodos futuros analizados, para los tramos de la zona del Gasoducto Apiay – Villavicencio – Ocoa .....	28
Tabla 11.	Nivel de Amenaza por Movimientos en Masa en el Gasoducto Apiay – Villavicencio – Ocoa, para el escenario SSP2 – 4.5 y las 3 temporalidades.....	29
Tabla 12.	Nivel de Amenaza por Movimientos en Masa en la ECG de Villavicencio, para el escenario SSP2 – 4.5 y las 3 temporalidades.....	29
Tabla 13.	Nivel de Amenaza por Inundación para el Gasoducto Apiay – Villavicencio – Ocoa, para el escenario SSP2 – 4.5 y las 3 temporalidades.....	30
Tabla 14.	Nivel de Amenaza por Inundación en la ECG de Villavicencio, para el escenario SSP2 – 4.5 y las 3 temporalidades .....	30
Tabla 15.	Amenaza por la temperatura a Incendios Forestales .....	31
Tabla 16.	Niveles de amenaza por “Cambio de Temperatura” para el Gasoducto Apiay – Villavicencio – Ocoa .....	31
Tabla 17.	Nivel de Amenaza por Incendio de la cobertura vegetal para el Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa, para el escenario SSP2 – 4.5 y las 3 temporalidades.....	31

Tabla 18. Nivel de Amenaza por Incendio Forestal en la ECG de Villavicencio, para el escenario SSP2 – 4.5 y las 3 temporalidades.....	32
Tabla 19. Calificación y Clasificación de la Centralidad y Alcance de las amenazas.....	32
Tabla 20. Grado de sensibilidad del proyecto por Movimientos en Masa para el Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa .....	33
Tabla 21. Grado de sensibilidad del proyecto por Inundación para el Gasoducto Apiay – Villavicencio – Ocoa .....	33
Tabla 22. Grado de sensibilidad del proyecto por Incendio en la Cobertura Vegetal para el Gasoducto Apiay – Villavicencio – Ocoa .....	34
Tabla 23. Índice Capacidad Adaptativa.....	35
Tabla 24. Calificación y Clasificación de la Vulnerabilidad .....	36
Tabla 25. Vulnerabilidad del Sistema por Movimientos en Masa .....	36
Tabla 26. Vulnerabilidad del Sistema por Inundación.....	37
Tabla 27. Vulnerabilidad del Sistema por Incendio Forestal.....	38
Tabla 28. Riesgo Climático Total por Movimientos en Masa .....	40
Tabla 29. Riesgo Climático Total por Inundación .....	40
Tabla 30. Riesgo Climático Total por Incendio Forestal .....	41
Tabla 31. Medida 1: Adaptación basada hacia una infraestructura resiliente .....	42
Tabla 32. Medida 2: Adaptación basada en Gestión del Entono.....	43
Tabla 33. Medida 3: Adaptación basada en Gobernanza y Comunicación.....	44
Tabla 34. Medida 4: Adaptación basada en planeación, acciones y proyectos .....	45
Tabla 35. Indicador medida de adaptación 1 .....	46
Tabla 36. Indicador medida de adaptación 2 .....	47
Tabla 37. Indicador medida de adaptación 4 .....	47
Tabla 38. Indicador medida de adaptación 5 .....	48
Tabla 39. Programa de divulgación y socialización del PACC .....	50

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Metodología para el componente de adaptación al Cambio Climático.....	9
Figura 2. Marco Conceptual de riesgos climáticos presentado por el IPCC.....	11
Figura 3. Localización infraestructura Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa.....	14
Figura 4. Ubicación de las estaciones hidrometeorológicas seleccionadas, que poseen información suficiente y confiable de en la zona de estudio.....	18
Figura 5. Comportamiento de la precipitación anual del periodo 1991-2014 en la zona del Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa.....	21
Figura 6. Comportamiento de la temperatura máxima anual del periodo 1991-2014 en la zona del Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa .....	22
Figura 7. Comportamiento de la temperatura mínima anual del periodo 1991-2014 en la zona del Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa.....	23
Figura 8. Cambio porcentual (%) de la precipitación anual bajo los escenarios SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5 (por filas), para los periodos futuros 2021-2040, 2041-2060 y 2081-2100 (por columnas), en comparación a la observada en el periodo 1991-2014 .....	24
Figura 9. Aumento (°C) de la temperatura máxima anual bajo los escenarios SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5 (por filas), para los periodos futuros 2021-2040, 2041-2060 y 2081-2100 (por columnas), en comparación a la observada en el periodo 1991-2014 .....	25

Figura 10. Aumento (°C) de la temperatura mínima anual bajo los escenarios SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5 (por filas), para los periodos futuros 2021-2040, 2041-2060 y 2081-2100 (por columnas), en comparación a la observada en el periodo 1991-2014..... 26

## 1 INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una amenaza para la estabilidad del planeta, los rápidos cambios han afectado la química de la atmósfera, el océano y estabilidad de la biosfera, los informes del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), muestran que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) afectan el clima e incrementan la vulnerabilidad de las regiones y su incapacidad para resistir los impactos de la variabilidad climática y los eventos climáticos extremos.

Si bien Colombia hace aportes relativamente bajos a las emisiones de GEI es altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, por lo cual existen en Colombia varias estrategias nacionales y locales para hacer frente al cambio climático (la Política Nacional de Cambio Climático, la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, el Plan Integral de Gestión de Cambio Climático Territorial, entre otras). Sin embargo, en todo caso es necesario, adicionalmente reducir la vulnerabilidad de la infraestructura del sistema de transporte de gas natural e incrementar su capacidad de respuesta frente al cambio climático.

El sistema de transporte de gas de TGI S.A. ESP tiene una longitud (troncal y ramales) de 4.182 kilómetros. Presta el servicio de transporte de gas natural, mediante la integración de varios gasoductos desde, La Guajira hasta el Valle del Cauca, y desde los Llanos Orientales hasta el Tolima y Huila, atravesando varios otros departamentos en la región andina. Esta red está conformada por dieciocho (18) gasoductos divididos en ocho (8) distritos para una adecuada operación y mantenimiento de la infraestructura, estos gasoductos transportan el gas hacia los cascos urbanos de 220 municipios en 18 departamentos del país, a través de sus ramales regionales y estaciones de recepción o entrega (city gates).

Teniendo en cuanto lo anterior, se elabora un plan de acción por cada gasoducto con el fin de reducir la vulnerabilidad de este frente a los efectos del cambio climático. Esto implica identificar las amenazas específicas que podrían afectar la infraestructura y las operaciones del gasoducto debido a cambios en el clima, mediante el Plan de Adaptación al Cambio Climático (PACC) para el Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa tiene como objetivo principal el transporte de gas natural mediante tuberías de acero de alta resistencia desde Apiay hasta Termo Ocoa, en el departamento del Meta. Este gasoducto hace parte del Distrito IV de TGI.

En consecuencia, este documento se desarrolló de la siguiente manera: en el primer capítulo se desarrolla la contextualización de normas y políticas que brindan marco para la atención al Cambio Climático así como el alcance del presente plan; para el segundo capítulo se desarrolla la explicación de la metodología a usar para el desarrollo del documento desde el análisis de riesgos climáticos hasta la elaboración del seguimiento y monitoreo de las medidas planteadas; en el tercer y cuarto capítulo, se hace una ampliación a la metodología a seguir para llevar a cabo el análisis de riesgos climáticos y el desarrollo de esta respectivamente. Posteriormente, desde el capítulo quinto hasta el octavo, se llevará a cabo el desarrollo de la priorización, planificación e implementación de las medidas de adaptación, monitoreo y evaluación de estas, para finalmente estructurar el sistema de comunicación y divulgación del PACC a los actores involucrados. Así mismo, se tiene en cuenta que el documento se construyó a partir de las siguientes herramientas: los escenarios de cambio climático para Colombia 2011-2100, el análisis de vulnerabilidad y riesgo elaborados en el marco de la Tercera Comunicación Nacional, información disponible de las estaciones hidrometeorológicas ubicadas en la zona de estudio autorizadas por el IDEAM, modelos generados del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados - Fase 6 (CMIP6), las "Trayectorias Socioeconómicas Compartidas" (SSP, por sus siglas en inglés), desarrolladas en el Sexto Informe de Evaluación (AR6) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), los lineamientos para el componente de adaptación según el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Empresariales del Sector Minero Energético.

## 1.1 ALCANCE

Hace parte del alcance del presente plan, la infraestructura e instalaciones de TGI asociadas al Sistema de Transporte Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa que se listan a continuación:

- La línea troncal Apiay - Ocoa de 6 pulgadas de diámetro y una longitud aproximada de 36,96 kilómetros, que va desde la trampa de raspadores Apiay y llega hasta Termo Ocoa, ubicadas en el municipio de Villavicencio (Meta).
- Un ramal de 2 pulgadas de diámetro y una longitud aproximada de 110 metros.
- Un ramal de 6 pulgadas de diámetro y una longitud aproximada de 4,05 kilómetros.
- La estación de compresión de gas Villavicencio, ubicada en Villavicencio, Meta.

## 1.2 CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

### 1.2.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS

Los ODS fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015, incluye 17 Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) y 169 metas universales que deben lograrse para el año 2030.

El ODS 13, acción por el clima, plantea medidas para combatir el cambio climático. Busca fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos e incorporar medidas de mitigación y adaptación en las políticas, estrategias y planes nacionales. Colombia, adopto los ODS en el año 2015 y ha incorporado la Agenda 2030 en sus políticas y lineamientos internos.<sup>1</sup>

### 1.2.2 Política Nacional de Cambio Climático – PNCC

La Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) de Colombia tiene como objetivo contribuir la mitigación y adaptación al cambio climático, reduciendo los riesgos asociados<sup>2</sup>, esta política incluye el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), busca reducir la vulnerabilidad del país e incrementar su capacidad de respuesta frente a las amenazas e impactos del cambio climático, proponiendo una serie de estrategias territoriales y sectoriales para optimizar la combinación de distintos criterios/elementos en un mismo territorio.

### 1.2.3 Ley 1931 de 2018

Esta ley establece directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de las entidades públicas y privadas. Su objetivo es reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono. En cumplimiento de esta ley, los sectores privados y públicos deberán adaptar sus operaciones y estrategias comerciales para reducir sus emisiones de gases efecto invernadero y adaptarse a los efectos del cambio climático.

La ley adopta varios principios que orientan su implementación y reglamentación: autogestión, coordinación, corresponsabilidad, costo-beneficio, costo-efectividad y gradualidad.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.

<sup>2</sup> Departamento Nacional De Planeación (2016). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Bogotá, Colombia.

<sup>3</sup> Congreso de Colombia (2018). Ley 1931 de 2018. Bogotá, Colombia.

## 1.2.4 Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático – TCNCC

Esta comunicación presenta información sobre las circunstancias nacionales, necesarias para entender la vulnerabilidad del país, la capacidad y opciones para adaptarse al cambio climático, y las opciones para controlar las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI). Incluye, un inventario de emisiones de GEI del país, y su aporte a las emisiones mundiales. <sup>4</sup>

## 1.2.5 Plan Integral de Gestión del cambio climático sectorial

El Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Minero Energético 2050 (PIGCCme), busca alinear la política energética con la política climática nacional. Para el sector de hidrocarburos, busca habilitar oportunidades para que la industria se adapte a las nuevas condiciones y requerimientos de la política climática nacional. De acuerdo con este plan, las empresas de este sector deben tomar medidas para reducir sus emisiones de GEI, y adaptarse a los efectos del cambio climático. Además, el Plan incluye una línea estratégica para la gestión del conocimiento, que integra acciones de divulgación, fortalecimiento de capacidades e integración de conocimientos a la hoja de ruta de la reducción de emisiones y la resiliencia del sector. <sup>5</sup>

## 1.3 OBJETIVO Y METAS DEL PLAN

### ➤ Objetivo:

Garantizar la resiliencia y la operación continua del gasoducto en un entorno de cambio climático, asegurando la seguridad y sostenibilidad del transporte de gas.

### ➤ Metas:

- ◆ Identificar y evaluar los segmentos del gasoducto susceptibles a los efectos de los cambios permanentes en el clima y a la variabilidad climática.
- ◆ Fortalecer las capacidades de TGI para afrontar los efectos del cambio climático
- ◆ Reducir la vulnerabilidad de las instalaciones del gasoducto frente a los efectos de la variabilidad y el cambio climático.

## 2 METODOLOGÍA

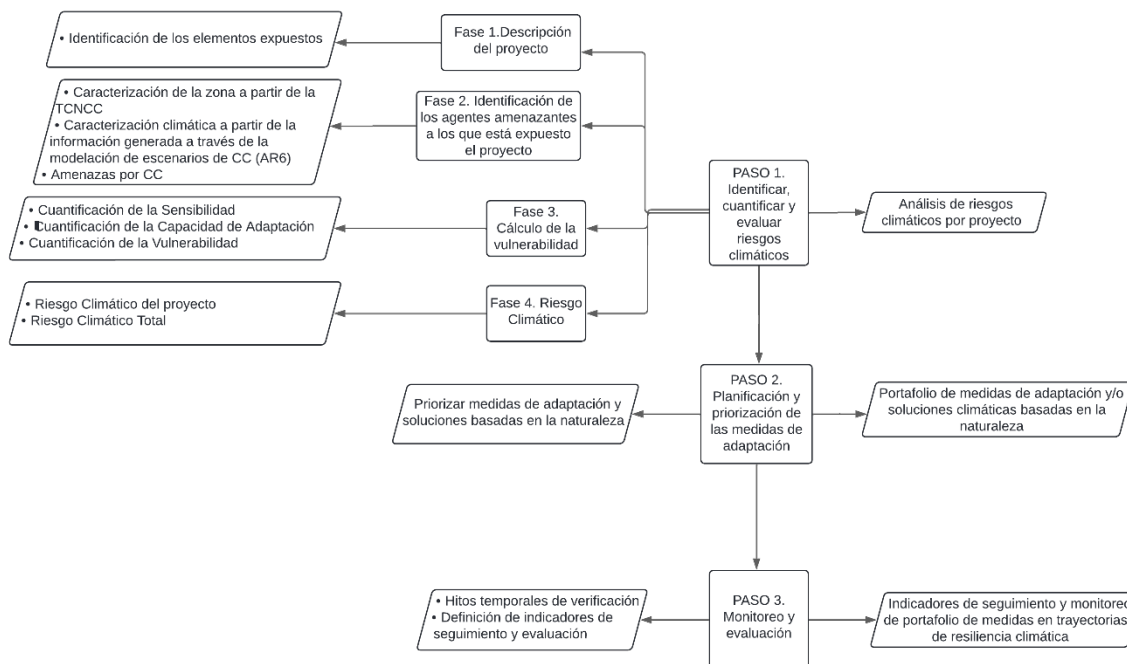
La metodología planteada para el desarrollo del presente documento se basa en los términos de referencia presentados en la ruta crítica y determinados en compañía de la empresa junto con los lineamientos sugeridos por el documento “Lineamientos Para La Formulación De Los Planes Integrales De Gestión Del Cambio Climático Empresariales Del Sector Minero Energético - PIGCCe”<sup>6</sup> para el apartado de adaptación, adaptando terminología y orden de etapas de desarrollo de esta. A continuación, se explica brevemente las etapas de este (**Figura 1**):

<sup>4</sup> IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA (2017). Resumen ejecutivo Tercera Comunicación Nacional De Colombia a La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (CMNUCC). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia.

<sup>5</sup> Ministerio De Minas y Energía (2021) Plan Integral De Gestión Del Cambio Climático Del Sector Minero Energético 2050. Bogotá, Colombia.

<sup>6</sup>Ministerio de Minas y Energía (2023). Lineamientos Para La Formulación De Los Planes Integrales De Gestión Del Cambio Climático Empresariales Del Sector Minero Energético – PIGCCe. Bogotá, Colombia

**Figura 1. Metodología para el componente de adaptación al Cambio Climático**



Fuente: Ministerio de Minas y Energía. (2023). Lineamientos PIGCCe.; adaptado por Gradex ingeniería S.A., junio de 2024.

A continuación, se describe con mayor detalle los pases mencionados anteriormente:

**Paso 1. Identificar, cuantificar y evaluar riesgos climáticos**

Para el análisis de riesgos climáticos del sector minero-energético, se hace una diferenciación del tipo de impactos que el clima cambiante puede tener sobre la continuidad de las operaciones, con el propósito de asegurar el suministro de la demanda de energéticos en el país. Los impactos identificados son de cuatro tipos: i) directos en la operación; ii) sobre el territorio donde se despliegan las actividades del sector minero-energético; iii) secundarios sobre la operación, debido a afectaciones en el área donde se desarrollan los trabajos, y iv) en las operaciones por cambios en el macroentorno (megatendencias derivadas de la gestión del cambio climático en la nación y el mundo). Lo anterior amplía la visión del sistema analizado, ya que no se limita a la infraestructura de las operaciones, sino al territorio (espacio geográfico con interacción de diferentes dinámicas socioambientales) y al comportamiento del mercado propio del sector minero-energético.

El análisis de riesgo climático se calcula en función de la Amenaza, la Exposición y la Vulnerabilidad, **Ecuación 5.1**, (está última entendida como el cociente entre la sensibilidad y la capacidad de adaptación, **Ecuación 5.2**)<sup>7</sup>:

$$R = A \times E \times V \text{ (5.1)}$$

Donde:

➤ R: riesgo por Cambio Climático

<sup>7</sup> IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

- E: exposición
- A: amenaza
- V: vulnerabilidad a Cambio Climático

$$V = \frac{S}{CA} \quad (5.2)$$

Donde:

- V: vulnerabilidad a Cambio Climático
- S: sensibilidad
- CA: capacidad adaptativa

## **Paso 2. Planificación y priorización de las medidas de adaptación**

En alineación con el PIGCCme 2050, se dispone de cuatro líneas estratégicas que atienden a la adaptación del sector, por lo cual se recomienda que la empresa clasifique sus medidas en éstas: i) Infraestructura resiliente, esta integra la gestión del riesgo del cambio climático y la variabilidad climática, que pueden afectar la seguridad energética del país; ii) Planeación corto y largo plazo, con el fin de incorporar progresivamente la gestión del riesgo climático en todos los niveles de planificación y decisión del sistema para así fortalecer su resiliencia y competitividad frente a los efectos de la variabilidad y cambio climático; iii) Gestión del entorno, esta línea busca apoyar la coordinación de los actores públicos y privados del sector en la gestión de los riesgos climáticos que se pueden presentar en los territorios con desarrollo minero energético; y iv) Información para la adaptación, con el fin de generar investigación e información actualizada y precisa sobre las amenazas y los impactos que genera el cambio climático sobre la operación, se busca que esta información ayude a la toma de decisiones de corto y largo plazo.

Con base a los resultados en el paso 1, la priorización se realizará con base al nivel de amenaza obtenido y el nivel de importancia del elemento expuesto. De este modo, en los siguientes pasos el proceso de análisis corresponderá a un enfoque hacia el resultado de reducir el riesgo climático ante las variables críticas determinadas por la empresa y así gestionar una adecuada estrategia de medidas de adaptación que conlleven a una Trayectoria hacia la Resiliencia Climática.

## **Paso 3. Monitoreo y evaluación de las medidas de adaptación**

Por medio de este paso se busca realizar el proceso de monitoreo y evaluación a las medidas de adaptación formuladas anteriormente, para esto se realiza la creación de una ficha de seguimiento para cada una, donde contenga información como la identificación del indicador, descripción y alcance de este. Esto con el fin de La construcción de las Trayectorias hacia la Resiliencia Climática tiene como objetivo orientar la formulación de rutas específicas en términos de adaptación. Estas rutas guían la toma de decisiones para reducir así el nivel de riesgo climático, esto con el fin de asegurar no solo la conservación de la competitividad, operación y estructura esencial de las empresas, sino también su interacción con los diferentes Servicios Ecosistémicos presentes.

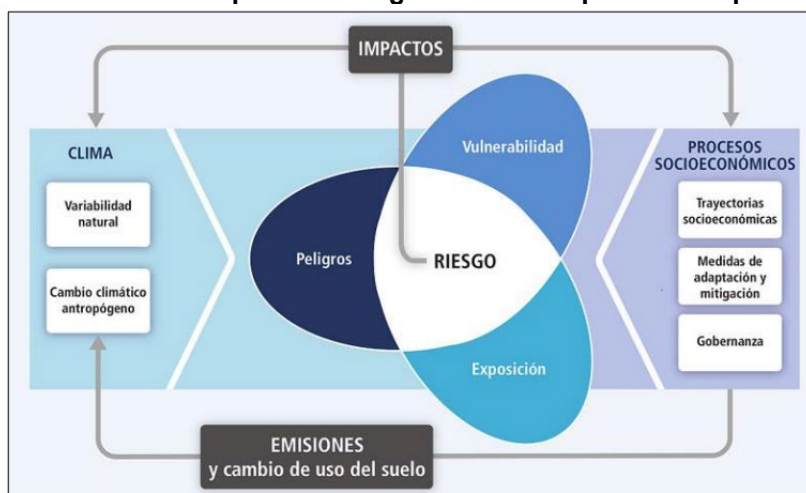
## **3 EVALUACIÓN DE RIESGOS CLIMÁTICOS**

La metodología planteada para la evaluación de los riesgos climáticos se basa en los términos de referencia presentados en la ruta crítica y los lineamientos sugeridos por el documento “Lineamientos Para La Formulación De Los Planes Integrales De Gestión Del Cambio Climático Empresariales Del Sector Minero Energético - PIGCCe”<sup>8</sup>, adaptando terminología y orden de etapas de desarrollo. Como se puede ver en

<sup>8</sup> Ministerio de Minas y Energía (2023). Lineamientos Para La Formulación De Los Planes Integrales De Gestión Del Cambio Climático Empresariales Del Sector Minero Energético – PIGCCe. Bogotá, Colombia

la **Figura 2**, los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro, según el IPCC, se entiende la vulnerabilidad como la predisposición a ser afectado negativamente y que comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación, en el caso de la exposición hace referencia a la presencia de personas; medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructura; o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente, por último, los peligros o amenazas, hacen referencia al potencial de ocurrencia de un evento físico o cambio en tendencias, inducido por razones humanas o naturales, que pueden generar pérdidas de vidas, lesiones u otros daños a la salud, así como perjuicios o detrimentos de elementos físicos como infraestructura, componentes del sustento de comunidades, provisión de servicios, ecosistemas y recursos ambientales.<sup>9</sup>

**Figura 2. Marco Conceptual de riesgos climáticos presentado por el IPCC**



Fuente: Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. IPCC, 2014

A continuación, se presenta una breve descripción de lo que se pretende alcanzar en cada etapa del proceso:

### **Fase 1. Definición y descripción de las actividades y/o componentes del sistema**

El punto de partida para el análisis de riesgos relacionados con eventos de variabilidad climática y cambio climático es la definición y descripción de las actividades y/o componentes del sistema que serán objeto de estudio, con el fin de definir cuáles serán los elementos expuestos a valorar.

### **Fase 2. Identificación de los agentes amenazantes a los que está expuesto el proyecto**

Identificación de los riesgos climáticos específicos que afectan a la región donde se encuentra el proyecto tanto por eventos de variabilidad climática y cambio climático, este análisis se hará inicialmente a nivel departamental partir de la información generada en la TCNCC, luego a nivel de recorrido del gasoducto por medio de las modelaciones realizadas por el equipo con base a la información generada en el CMIP6 y los datos históricos de las estaciones meteorológicas anexas al proyecto.

<sup>9</sup> IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

### **Fase 3. Cálculo de la vulnerabilidad**

Cómo se mencionó anteriormente, el cálculo de la vulnerabilidad del sistema se da entre la relación de la sensibilidad y la capacidad de adaptación. Se debe tener en cuenta que, la calificación de vulnerabilidad es diferente para cada componente del sistema, ante cada uno de los agentes amenazantes y diferente en cada uno de los territorios con operaciones.

#### ➤ Cuantificación de la sensibilidad

Se entiende por sensibilidad, el análisis de los elementos que contribuyen a la materialización de un riesgo. Se recomienda considerar que la sensibilidad puede verse exacerbada por un agente amenazante en específico, por ello se parte del análisis de los diferentes impactos o afectaciones identificadas. De esta manera, se califica la posibilidad de ocurrencia de dicho impacto con base al nivel de amenaza, y la importancia del elemento expuesto valorado dentro de la operación.

#### ➤ Cuantificación de la capacidad de adaptación

Esta capacidad se define como la habilidad para adaptarse a los posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias del cambio climático, esta se calcula a partir de indicadores que buscan calificar la disponibilidad de recursos técnicos, financieros y administrativos con los cual cuenta la empresa para lograr lo anterior.

### **Fase 4. Riesgo Climático**

Finalmente, los resultados anteriores se cruzan para obtener el nivel de riesgo climático, el cual se diferencia entre cada componente del sistema, ante cada uno de los agentes amenazantes y es diferente para cada uno de los territorios con operaciones.

Sin embargo, la obtención de este se divide en dos partes, primero se calcula el riesgo del sistema, el cual se obtiene del cruce entre los valores de vulnerabilidad y amenaza, para la segunda parte se debe tener en cuenta el riesgo del entorno, el cual se obtiene de la información de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, con base en los resultados a nivel municipal, seleccionando aquellos municipios donde se encuentran los elementos expuestos definidos anteriormente, de tal forma que el riesgo total se define con la **Ecuación 5.3**:

$$Riesgo\ total = (0,25 \times Riesgo\ del\ entorno) + (0,75 \times Riesgo\ del\ sistema) \quad (5.3)$$

## **4 ANÁLISIS DE RIESGOS CLIMÁTICOS**

Como se menciona en el apartado 3, la primera fase incluye la definición y descripción de los elementos expuestos a los que se van a evaluar los niveles de amenaza, vulnerabilidad y riesgo climático frente a eventos de variabilidad climática y cambio climático, por lo que se dará una breve descripción de estos a continuación:

### **4.1 FASE 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa es una infraestructura de longitud total de 41.125 metros (línea troncal más ramales), iniciando en la estación Apiay y llegando Termo Ocoa. Para la operación de este gasoducto, TGI cuenta con el Distrito IV con sede en el Centro Operacional de Gas en Villavicencio.

Se encuentra en la jurisdicción ambiental de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (CORMACARENA).

De la línea troncal Apiay - Ocoa de 6", se desprenden dos ramales, cuyas características principales se listan en la **Tabla 1**.

**Tabla 1. Ramales del gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa**

Ramal	Abcisado	Diámetro (in)	Longitud (km)
Pompeya	PK000+031	2	0,11
Villavicencio	PK028+330	6	4,05

Fuente: Información cartográfica suministrada por TGI, abril de 2024; adaptada por Gradex Ingeniería S.A., junio de 2024.

#### 4.1.1 Estación de Compresión de Gas de (ECG) Villavicencio

La Estación de Compresión de Gas de Villavicencio está ubicada en dirección Nororiental de la ciudad de Villavicencio capital del departamento del Meta, sobre el Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa, ubicada aproximadamente en el PK002+535 y en la jurisdicción ambiental de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena -CORMACARENA (**Figura 3**).

La Estación de Compresión de Gas de Villavicencio (por medio de dos (2) unidades de compresión) incrementa la presión del flujo de gas de la troncal Apiay - Ocoa.

En la **Tabla 2** se describen las condiciones del proceso.

**Tabla 2. Condiciones de proceso ECG Villavicencio**

Condiciones del Proceso	Detalle
Gas a comprimir	Cusiana Apiay
Presión normal de operación en la succión (psig)	600-845
Presión normal de operación en la descarga (psig)	1.100 - 1.200
Temperatura normal de operación en la succión (°F)	90
Temperatura normal de operación en la descarga (°F)	120

Fuente: Información suministrada por TGI, abril de 2024.

**Figura 3. Localización infraestructura Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa**



Fuente: Información cartográfica suministrada por TGI; adaptada por Gradex Ingeniería S.A., diciembre de 2024.

De acuerdo con la información plasmada en esta figura, la **Tabla 3** lista las veredas del municipio de Villavicencio (Meta), por donde discurren la línea troncal y los ramales de este gasoducto.

**Tabla 3. Veredas por donde discurre el Gasoducto**

No	Departamento	Municipio	Vereda	PK Inicio	PK Fin	Longitud (m)	Gasoducto
1	Meta	Villavicencio	Alto de Pompeya	PK000+000	PK001+138	1137,55	Troncal Apiay - Ocoa
2	Meta	Villavicencio	Peralonso	PK001+138	PK003+914	2775,98	Troncal Apiay - Ocoa
3	Meta	Villavicencio	Santa Helena Baja	PK003+914	PK008+879	4965,40	Troncal Apiay - Ocoa
4	Meta	Villavicencio	Barcelona	PK022+683	PK026+057	3373,77	Troncal Apiay - Ocoa
5	Meta	Villavicencio	El Amor	PK027+437	PK028+598	1161,77	Troncal Apiay - Ocoa
6	Meta	Villavicencio	El Amor	PK029+128	PK029+143	15,39	Troncal Apiay - Ocoa
7	Meta	Villavicencio	El Amor	PK028+614	PK029+075	461,01	Troncal Apiay - Ocoa
8	Meta	Villavicencio	El Amor	PK030+236	PK030+435	198,20	Troncal Apiay - Ocoa
9	Meta	Villavicencio	El Amor	PK026+057	PK027+417	1360,76	Troncal Apiay - Ocoa
10	Meta	Villavicencio	La Llanerita	PK008+879	PK018+087	9208,13	Troncal Apiay - Ocoa
11	Meta	Villavicencio	Apiay	PK018+087	PK022+683	4595,91	Troncal Apiay - Ocoa
12	Meta	Villavicencio	Las Mercedes	PK036+175	PK036+462	286,98	Troncal Apiay - Ocoa
13	Meta	Villavicencio	Las Mercedes	PK036+744	PK036+954	210,39	Troncal Apiay - Ocoa
14	Meta	Villavicencio	Las Mercedes	PK034+957	PK036+126	1168,83	Troncal Apiay - Ocoa
15	Meta	Villavicencio	Las Mercedes	PK034+544	PK034+626	82,14	Troncal Apiay - Ocoa
16	Meta	Villavicencio	Zuria	PK029+143	PK030+236	1092,89	Troncal Apiay - Ocoa
17	Meta	Villavicencio	Zuria	PK030+435	PK034+369	3934,02	Troncal Apiay - Ocoa
18	Meta	Villavicencio	Alto de Pompeya	PK000+000	PK000+110	110,00	Ramal Pompeya
19	Meta	Villavicencio	El Amor	PK002+911	PK003+997	1086,39	Ramal Villavicencio
20	Meta	Villavicencio	El Amor	PK002+379	PK002+891	511,19	Ramal Villavicencio
21	Meta	Villavicencio	El Amor	PK001+503	PK002+364	861,17	Ramal Villavicencio
22	Meta	Villavicencio	El Amor	PK001+463	PK001+468	5,19	Ramal Villavicencio
23	Meta	Villavicencio	El Amor	PK000+493	PK001+341	848,04	Ramal Villavicencio
24	Meta	Villavicencio	El Amor	PK000+000	PK000+317	317,41	Ramal Villavicencio

Fuente: Información cartográfica suministrada por TGI, enero de 2024. Adaptada por Gradex Ingeniería S.A., noviembre 2024.

## 4.2 FASE 2. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS CLIMÁTICOS

En este apartado se identificará la caracterización climática y las amenazas a los que se encuentra expuesto el territorio donde se encuentra el proyecto, el primer apartado se desarrollará a partir de información secundaria a nivel departamental como la TCNCC, en cuanto al segundo apartado se presentaran los resultados generados a través de las modelaciones climáticas.

### 4.2.1 Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático a nivel departamental

Por medio de la TCNCC se establece el análisis de vulnerabilidad y riesgo para cada departamento asociado a la infraestructura, para lo cual se debe tener en cuenta que se ponderaron los resultados de las seis dimensiones seleccionadas, siendo: 1) seguridad alimentaria, 2) biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, 3) recurso hídrico, 4) salud, 5) hábitat humano, 6) infraestructura, así mismo se logra identificar los eventos hidrometeorológicos reportados de mayor interés y la variabilidad climática<sup>10</sup>, también se generaron diferentes escenarios a partir de las variables de temperatura y precipitación, estos nuevos Escenarios de Cambio Climático 2011-2100 por departamento siguen las metodologías propuestas por el IPCC, los cuales permiten representar el clima que se observaría bajo una concentración determinada de GEI y aerosoles en la atmósfera (RCP 2.6, 4.5, 6.0, 8,5) para diferentes épocas futuras, siendo 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

<sup>10</sup> IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA (2017). Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia.

#### 4.2.1.1 Meta

Las dimensiones para tener en cuenta en este análisis son el riesgo, amenaza y vulnerabilidad por cambio climático que presentan los municipios, donde los resultados de estos tres se obtienen de la ponderación de las seis dimensiones mencionadas anteriormente, además se tendrán en cuenta las variables de riesgo en el recurso hídrico e infraestructura por cambio climático (**Tabla 4**). En este caso para el municipio de Villavicencio se caracteriza por un “alto” nivel de riesgo, amenaza y vulnerabilidad frente al cambio climático, aunque un riesgo “muy bajo” para infraestructura, lo que podría indicar una mayor capacidad de adaptación estructural.

De manera general, el riesgo en la infraestructura, para todos municipios se mantienen niveles “muy bajos”, sin embargo, es esencial seguir tomando medidas preventivas y de planificación a largo plazo para garantizar la resiliencia de las infraestructuras frente a eventos climáticos extremos presentes en los municipios por donde atraviesa el gasoducto.

**Tabla 4. Riesgo climático del departamento del Meta**

Departamento	Municipio	Riesgo por CC	Amenaza por CC	Vulnerabilidad por CC	Riesgo recurso hídrico por CC	Riesgo infraestructura por CC
<b>Meta</b>	Villavicencio	Alto	Alto	Alto	Alto	Muy bajo

Fuente: TCNCC, 2017 adaptada por Gradex Ingeniería S.A., enero 2025.

Por otro lado, se debe tener en cuenta los eventos asociados a fenómenos hidrometeorológicos y meteopiroecológicos a los que se ha visto expuesto el departamento, si bien en la **Tabla 5**, se evidencian los eventos que se han presentado en el departamento donde los más frecuentes han sido las inundaciones, seguidas por los deslizamientos. Entre 1985 y 2015, se registraron 592 eventos de inundación, lo que representa el 63% del total, y 134 eventos de deslizamientos, que constituyen el 14% de los fenómenos reportados en el departamento. Otros fenómenos presentes, pero con menor incidencia han sido incendios forestales 7%, vendavales 6%, lluvias 4% y avenidas torrenciales con el 2%. La variabilidad climática departamental está influenciada por las dinámicas del Patrón del Pacífico Norte, las dinámicas de la precipitación en el Sahel o las dinámicas asociadas con la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico (motor de El Niño, La Niña), entre las más destacadas.

**Tabla 5. Eventos extremos reportados en el departamento del Meta**

Eventos	Número de Eventos Registrados Entre 1985 – 2015
Inundación	592
Deslizamientos	134
Incendios Forestales	63
Vendavales	58
Avenidas Torrenciales	23

Fuente: TCNCC, 2017 adaptada por Gradex Ingeniería S.A., enero 2025.

Por último, se debe tener en cuenta que el comportamiento estacional de la precipitación es homogéneo a lo largo de su orografía con la existencia de un máximo de precipitación al año en el mes de mayo. Sin embargo, debido al cambio climático estos podrían llegar a presentar variaciones, por lo que a través de los Escenarios de Cambio Climático 2011-2100 (**Tabla 6**), se presenta el cambio de estas variables en comparación con el periodo de referencia 1976-2015, los cuales informan que para el fin de siglo se podrá presentar aumentos de hasta 2,4 °C adicionales a los valores de referencia actual, en el caso de las precipitaciones no presentaría aumentos representativos de precipitación, así mismo en general el departamento en promedio disminuirá un 3,89% las precipitaciones respecto al valor actual para fin de siglo.

**Tabla 6. Escenarios de cambio climático 2011 - 2100 para el departamento del Meta**

Tabla Convención Temperatura		Tabla Escenarios de Cambio Climático 2011 - 2100						Tabla Convención Precipitación	
Cambio	Rango de Valores T. °C	2011 - 2040		2041 - 2070		2071 - 2100		Cambio	%
Bajo	0 - 0.5	Cambio de T. °C	Cambio de Pr. (%)	Cambio de T. media °C	Cambio de Pr. (%)	Cambio de T. media °C	Cambio de Pr. (%)	Déficit Severo	< 40%
Bajo Medio	0.5 - 1							Déficit	-39% y 11%
Medio	1.1 - 1.5	0.9	-7.46	1.7	-5.68	2.4	-3.89	Normal	-10% y 10%
Medio Alto	1.5 - 2							Exceso	11% y 39%
Alto	2.1 - 3.9							Exceso Severo	> 40%

Fuente: TCNCC, 2017 adaptada por Gradex Ingeniería S.A., enero 2025.

#### 4.2.2 Modelación Escenarios de Variabilidad Climática y Cambio Climático para la Zona

A continuación, se presentan los resultados de los escenarios de variabilidad climática y cambio climático para la zona del Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa Este análisis se realizó con base en la información disponible de precipitación y temperaturas máxima y mínima a escala diaria y mensual de 21 estaciones hidrometeorológicas ubicadas en la zona de estudio. Los escenarios generados corresponden a 3 de los 4 del último reporte de evaluación del IPCC (AR6): SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5; para las escalas temporales del 2021-2040, 2041-2060 y 2081-2100. En el presente apartado se presentan los resultados obtenidos para estos tres escenarios, junto con las series de datos e información generada durante el proceso, esta información se puede revisar a detalle en los **Anexos 1, 1.1 y 1.2** adjunto a este documento.

##### 4.2.2.1 Datos Observados

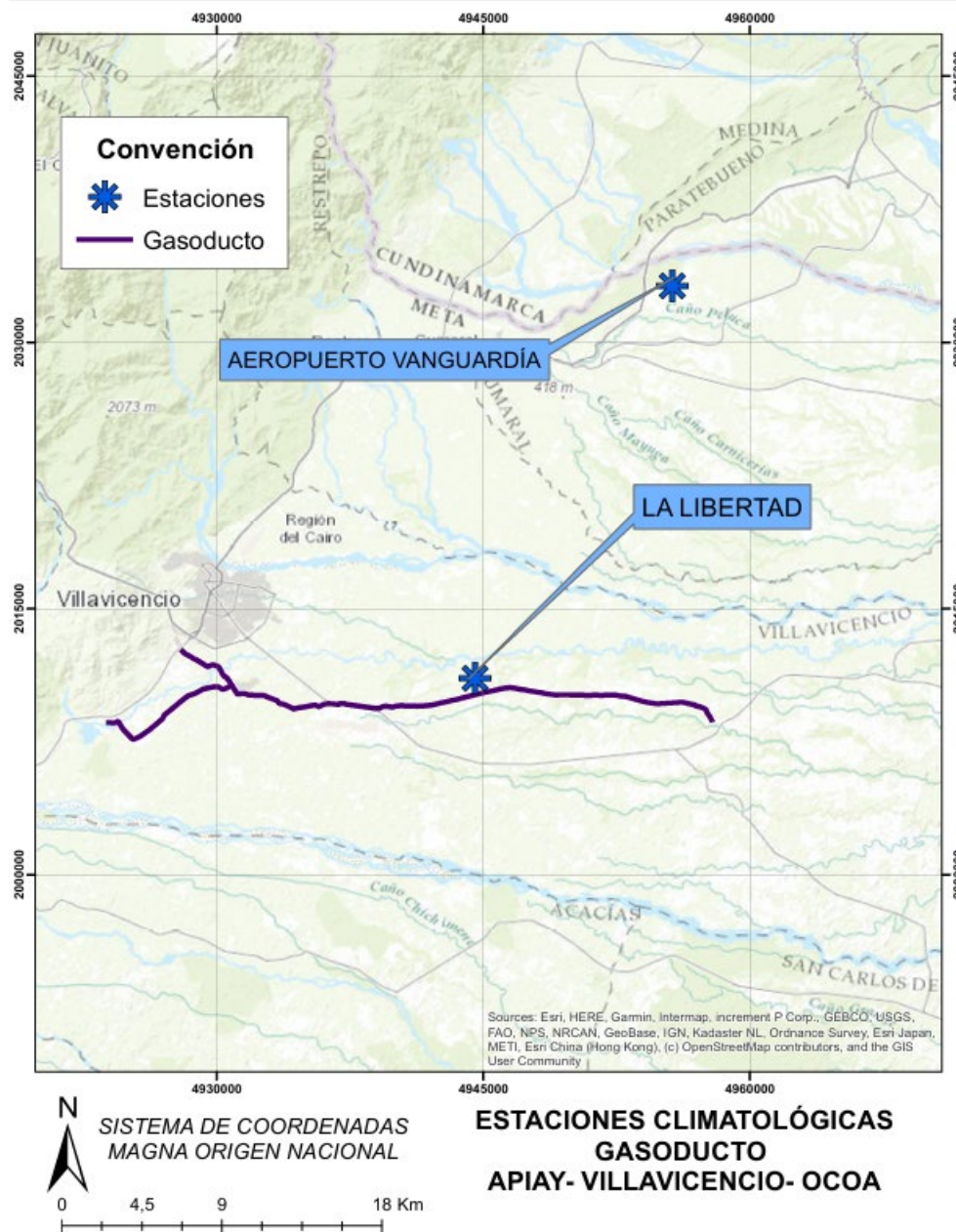
Para el análisis climático, en primer lugar, se revisó la información disponible de las estaciones hidrometeorológicas ubicadas en la zona de estudio (**Figura 4**) que tuviesen datos de precipitación y temperaturas máxima y mínima diaria, para un periodo de 24 años (1991-2014), obteniendo así datos para 2 estaciones, las cuales cuentan con un máximo del 20% de faltante de información y que las series de datos fuesen homogéneas (ver **Tabla 7**).

**Tabla 7. Detalles de las estaciones hidrometeorológicas ubicadas en la zona de estudio**

Código Estación	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Altitud
3502502	La Libertad	4.10	-73.50	336
3503502	Aeropuerto Vanguardia	4.30	-73.40	452

Fuente: Gradex Ingeniería S.A., enero 2025

**Figura 4. Ubicación de las estaciones hidrometeorológicas seleccionadas, que poseen información suficiente y confiable de en la zona de estudio.**



Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025.

#### 4.2.2.2 Datos futuros de escenarios de cambio climático

En lo relacionado con la información climática futura de distintos escenarios de cambio climático, se revisaron los datos generados por la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), a través del proyecto NEX-GDDP (*NASA Earth eXchange - Global Daily Downscaled Projections*)<sup>11</sup>, quienes realizaron

<sup>11</sup> NEX Global Daily Downscaled Climate Projections: <https://www.nasa.gov/nex/gddp>

la reducción de escala de los datos de precipitación, temperaturas media, máxima y mínima y otras variables para 25 de los 80 modelos del CMIP6 (**Tabla 8**), generando datos a una resolución espacial de 25x25Km, tanto para el periodo histórico 1961-2014 como para el periodo futuro 2021-2100 de 4 de los 5 escenarios SSP del Sexto Reporte de Evaluación del IPCC (AR6) (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5). De estos datos, se descargaron los correspondientes al periodo histórico 1991-2014 y para 3 de los 4 escenarios (SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5), para los periodos futuros 2021-2040, 2041-2060 y 2081-2100.

**Tabla 8. Listado de modelos disponibles del CMIP6 en el proyecto NASA NEX-GDDP**

Modelo	Institución	Descripción de la Institución	País
ACCESS-CM2	CSIRO-ARCCSS	CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization), ARCCSS (Australian Research Council Centre of Excellence for Climate System Science)	Australia
ACCESS-ESM1-5	CSIRO	CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization)	Australia
BCC-CSM2-MR	BCC	Beijing Climate Center	China
CanESM5	CCCma	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, Environment and Climate Change	Canadá
CMCC-ESM2	CMCC	Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici	Italia
CNRM-CM6-1	CNRM-CERFACS	CNRM (Centre National de Recherches Meteorologiques), CERFACS (Centre Europeen de Recherche et de Formation Avancee en Calcul Scientifique)	Francia
CNRM-ESM2-1			
EC-Earth3	EC-Earth-Consortium	AEMET, Spain; BSC, Spain; CNR-ISAC, Italy; DMI, Denmark; ENEA, Italy; FMI, Finland; Geomar, Germany; ICHEC, Ireland; ICTP, Italy; IDL, Portugal; IMAU, The Netherlands; IPMA, Portugal; KIT, Karlsruhe, Germany; KNMI, The Netherlands; Lund University, Sweden; Met Eireann, Ireland; NLeSC, The Netherlands; NTNU, Norway; Oxford University, UK; surfSARA, The Netherlands; SMHI, Sweden; Stockholm University, Sweden; Unite ASTR, Belgium; University College Dublin, Ireland; University of Bergen, Norway; University of Copenhagen, Denmark; University of Helsinki, Finland; University of Santiago de Compostela, Spain; Uppsala University, Sweden; Utrecht University, The Netherlands; Vrije Universiteit Amsterdam, the Netherlands; Wageningen University, The Netherlands. Mailing address: EC-Earth consortium, Rossby Center, Swedish Meteorological and Hydrological Institute/SMHI	Varios países de Europa
EC-Earth3-Veg-LR			
FGOALS-g3	CAS	Chinese Academy of Sciences	China
GFDL-ESM4	NOAA-GFDL	National Oceanic and Atmospheric Administration, Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	Estados Unidos
GISS-E2-1-G	NASA-GISS	Goddard Institute for Space Studies	Estados Unidos
INM-CM4-8	INM	Institute for Numerical Mathematics, Russian Academy of Science	Rusia
INM-CM5-0			
IPSL-CM6A-LR	IPSL	Institut Pierre Simon Laplace	Francia
KACE-1-0-G	NIMS-KMA	National Institute of Meteorological Sciences/Korea Meteorological Administration, Climate Research Division	Corea del Sur
MIROC6	MIROC		Japón

Modelo	Institución	Descripción de la Institución	País
MIROC-ES2L		JAMSTEC (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology), AORI (Atmosphere and Ocean Research Institute), NIES (National Institute for Environmental Studies), and R-CCS (RIKEN Center for Computational Science)	
MPI-ESM1-2-HR	MPI-M DWD DKRZ	MPI-M (Max Planck Institute for Meteorology); DWD (Deutscher Wetterdienst), and DKRZ (Deutsches Klimarechenzentrum)	Alemania
MPI-ESM1-2-LR	MPI-M AWI DKRZ DWD	MPI-M (Max Planck Institute for Meteorology); AWI (Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research); DWD (Deutscher Wetterdienst), and DKRZ (Deutsches Klimarechenzentrum)	Alemania
MRI-	MRI	Meteorological Research Institute	Japón
NorESM2-LM	NCC	NorESM Climate modeling Consortium consisting of CICERO (Center for International Climate and Environmental Research), MET-Norway (Norwegian Meteorological Institute), NERSC (Nansen Environmental and Remote Sensing Center), NILU (Norwegian Institute for Air Research), UiB (University of Bergen), UiO (University of Oslo) and UNI (Uni Research)	Noruega
NorESM2-MM			
TaiESM1	AS-RCEC	Research Center for Environmental Changes	Taiwán
UKESM1-0-LL	MOHC NERC NIMS-KMA NIWA	MOHC (Met Office Hadley Centre) (UK); NERC (Natural Environment Research Council, STFC-RAL) (UK); NIMS-KMA (National Institute of Meteorological Sciences/Korea Meteorological Administration, Climate Research Division) (Korea); and NIWA (National Institute of Water and Atmospheric Research) (New Zealand)	Reino Unido, Corea del Sur y Nueva Zelanda

Fuente: TCNCC, 2017 adaptada por Gradex Ingeniería S.A., julio 2024

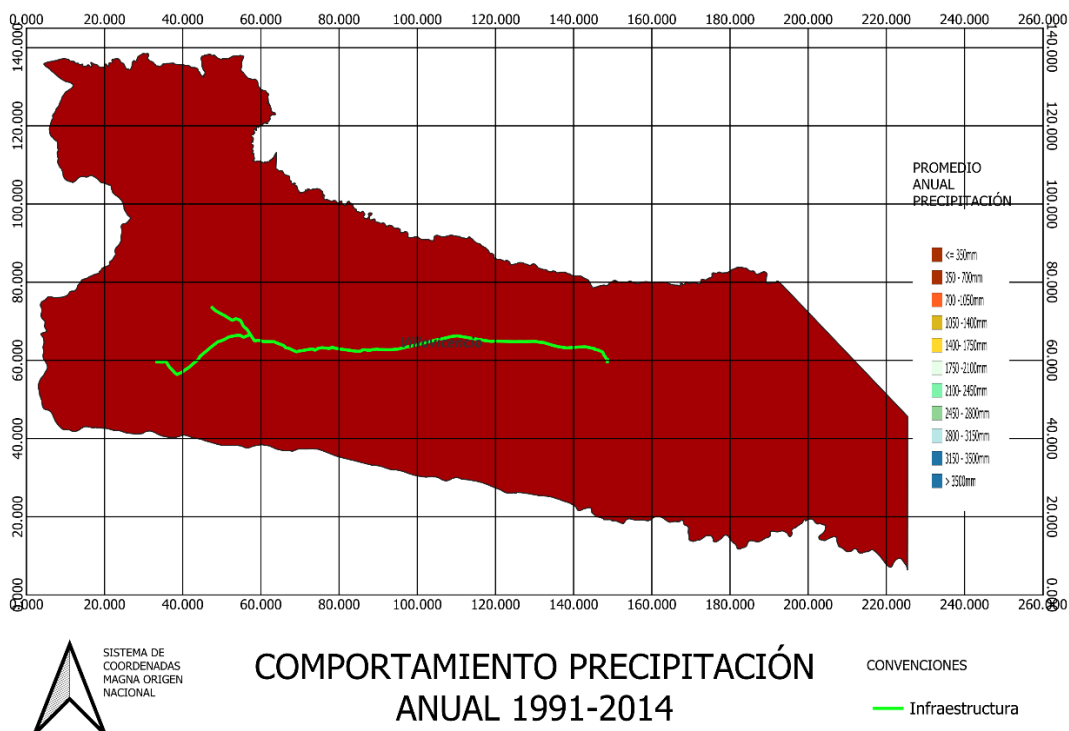
A continuación, se describen los aspectos generales del comportamiento y la variabilidad climática histórica para la zona de estudio, y también se presentan los escenarios de cambio climático que podrían darse en la zona.

#### 4.2.2.3 Caracterización climática de la Precipitación y de las Temperaturas Máxima y Mínima

El área de estudio experimenta una variabilidad en la precipitación anual, con valores que oscilan entre 100 y 150 milímetros (**Figura 5**). Se observa un régimen con un pico de precipitación entre abril y junio, con un promedio de 10-18mm por mes, y un periodo de menor precipitación entre diciembre y marzo, con valores de 0-8mm por mes.

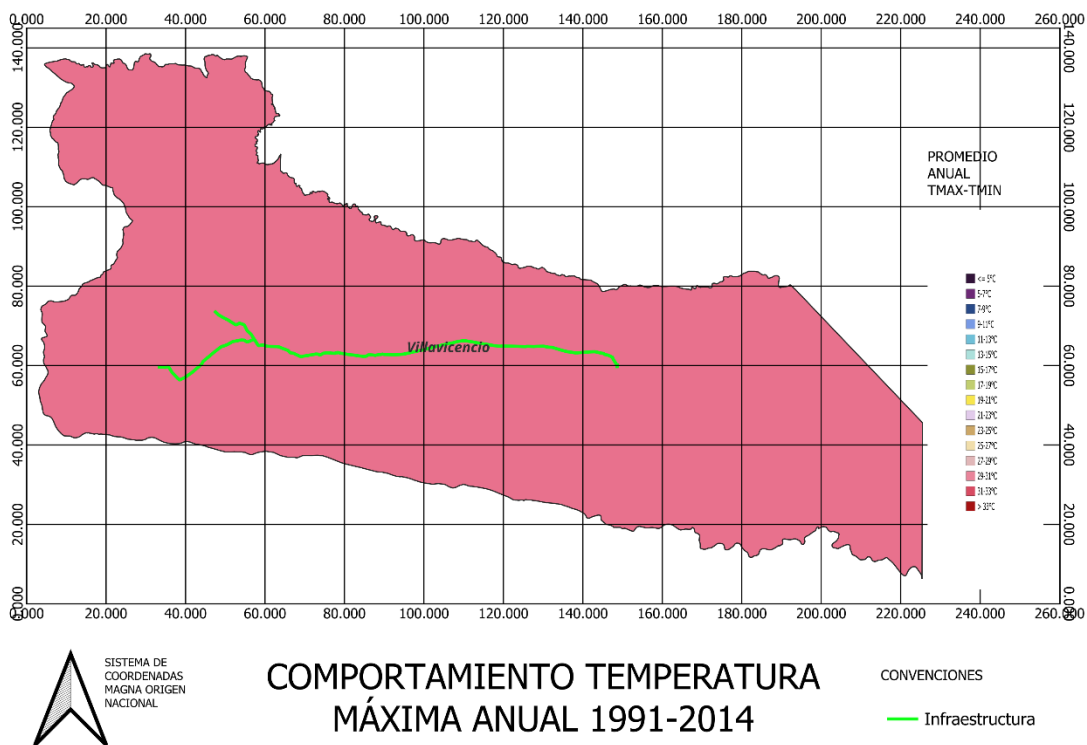
En cuanto a las temperaturas, la máxima se sitúa entre 28°C y 33°C (**Figura 6**), mientras que para la mínima varía entre los 21°C y los 24°C (**Figura 7**). Los meses con mayores temperaturas máximas son enero a marzo, y los de temperaturas mínimas son junio y julio.

**Figura 5. Comportamiento de la precipitación anual del periodo 1991-2014 en la zona del Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa**



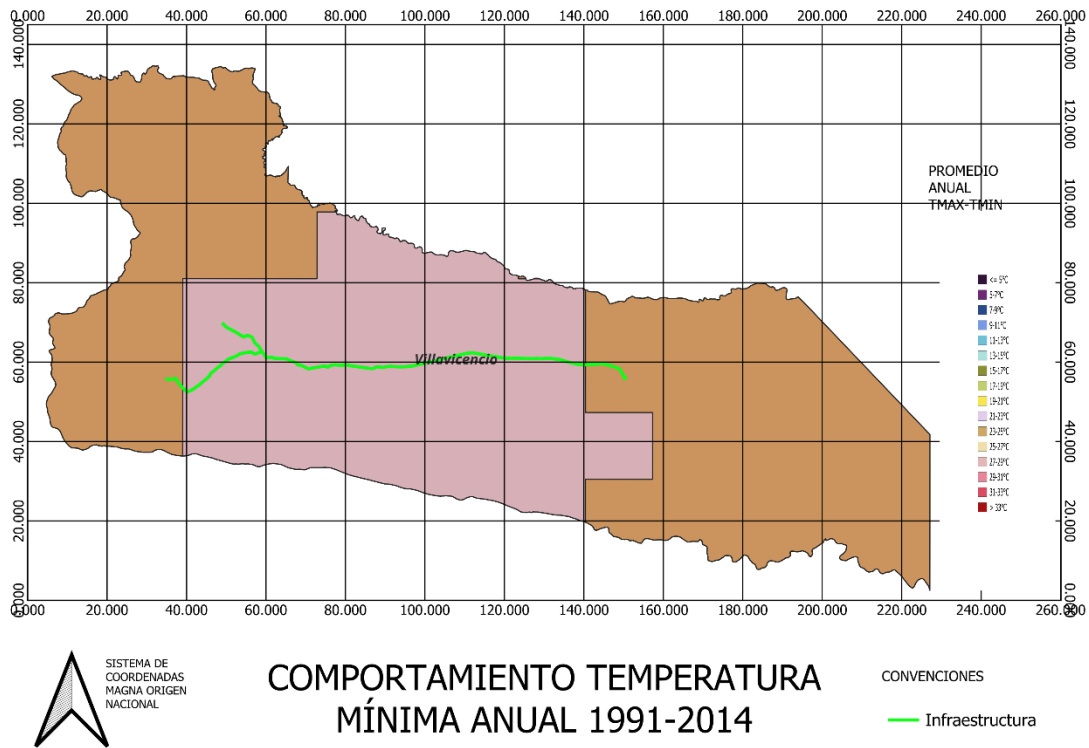
Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025.

**Figura 6. Comportamiento de la temperatura máxima anual del periodo 1991-2014 en la zona del Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa**



Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025

**Figura 7. Comportamiento de la temperatura mínima anual del periodo 1991-2014 en la zona del Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa**



Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025.

#### 4.2.2.3.1 Escenarios de precipitación

Durante todos los períodos y bajo los tres escenarios, se esperan pequeñas reducciones y aumentos en la precipitación anual en toda la zona, aproximadamente del 0 al 10%. (**Figura 8**) (Ver **Anexo 1.1** para más información).

#### 4.2.2.3.2 Escenarios de temperatura máxima

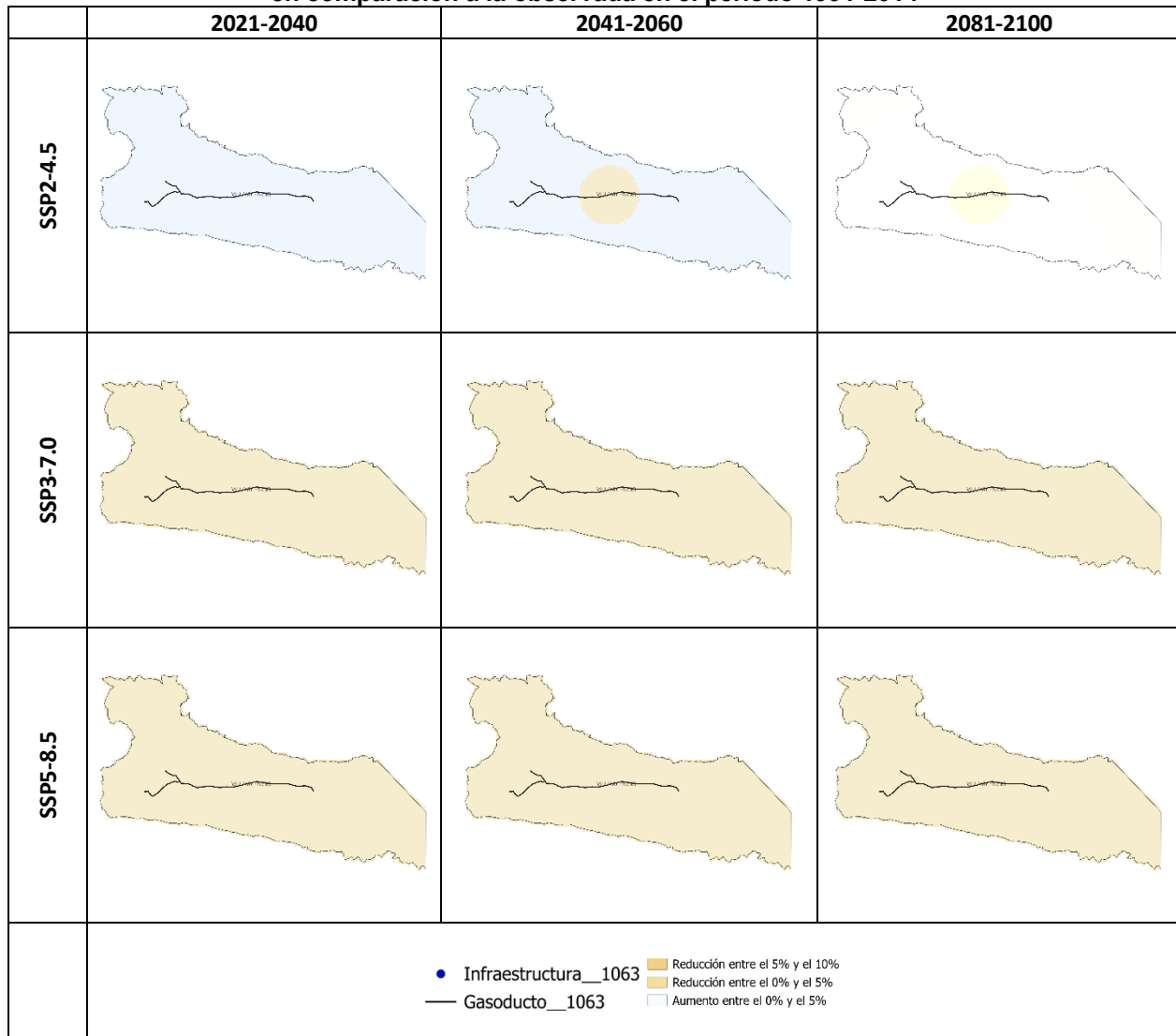
En relación con la temperatura máxima, se proyecta que ésta aumentará en todos los periodos futuros en comparación al periodo histórico 1991-2014. En el corto plazo (2021-2040), se prevé un aumento de entre 1 y 1,2°C; para mediados de siglo (2041-2060) el incremento sería de 1,7 a 2,4°C. Hacia finales de siglo, bajo el escenario SSP2-4.5 se esperan temperaturas máximas entre 2,5 a 3°C más altas, entre 4 y 4,5°C superiores bajo el escenario SSP3-7.0 y de 5 a 6°C en el escenario SSP5-8.5. (**Figura 9**) (Ver **Anexo 1.1** para más información).

#### 4.2.2.3.3 Escenarios de temperatura mínima

Por último, la temperatura mínima también experimentaría aumentos en todos los periodos futuros bajo todos los escenarios, en comparación con el periodo histórico 1991-2014. En el periodo 2021-2040, se prevé un aumento de 0.4 a 2°C en los tres escenarios; para la mitad del siglo (2041-2060), se espera un

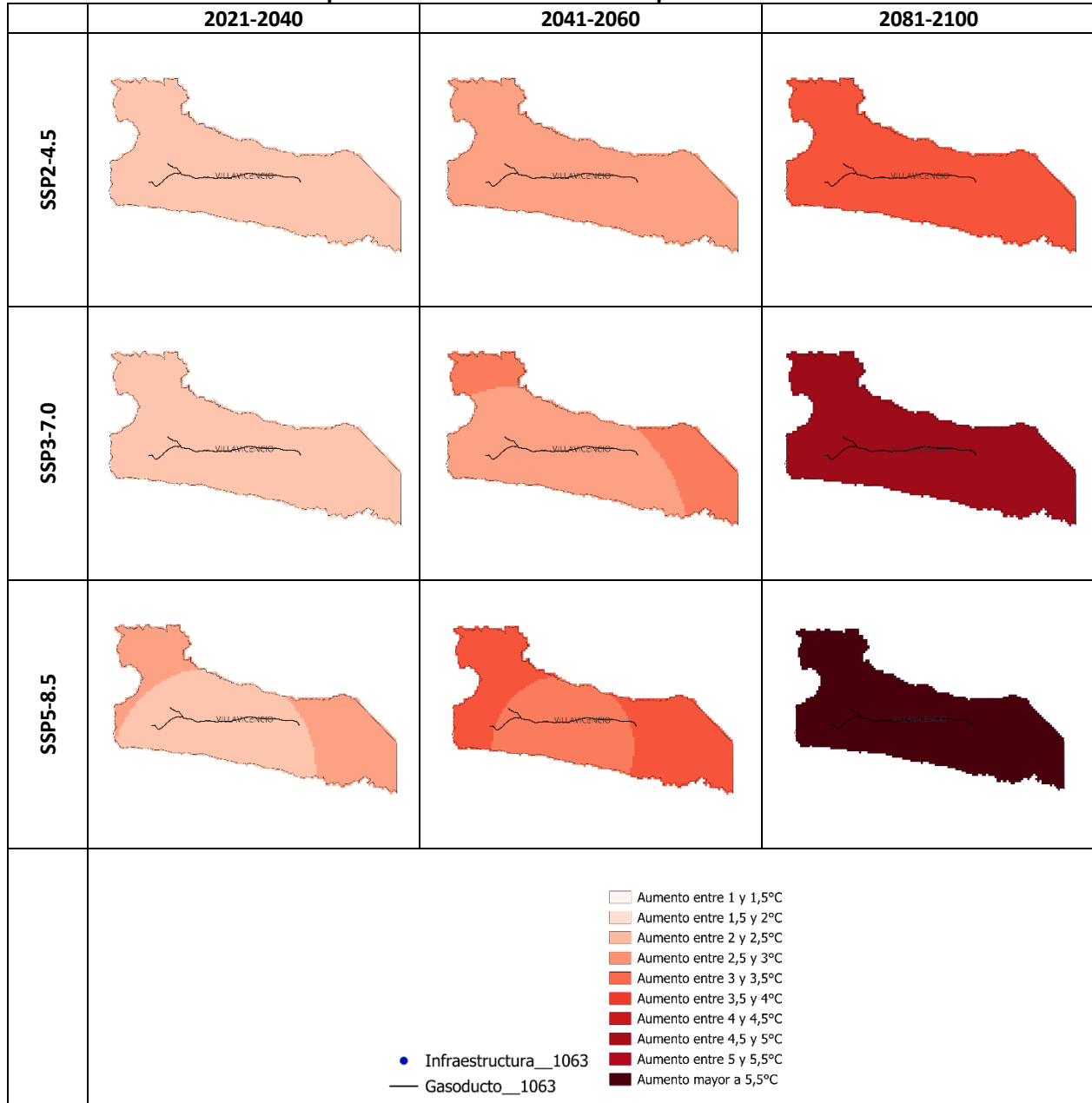
incremento de 1 a 2°C en los tres escenarios. Para finales de siglo, bajo el escenario SSP2-4.5 se estima que las temperaturas mínimas serán entre 2 y 4°C más altas. (Figura 10) (Ver Anexo 1.2 para más información).

**Figura 8. Cambio porcentual (%) de la precipitación anual bajo los escenarios SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5 (por filas), para los periodos futuros 2021-2040, 2041-2060 y 2081-2100 (por columnas), en comparación a la observada en el periodo 1991-2014**



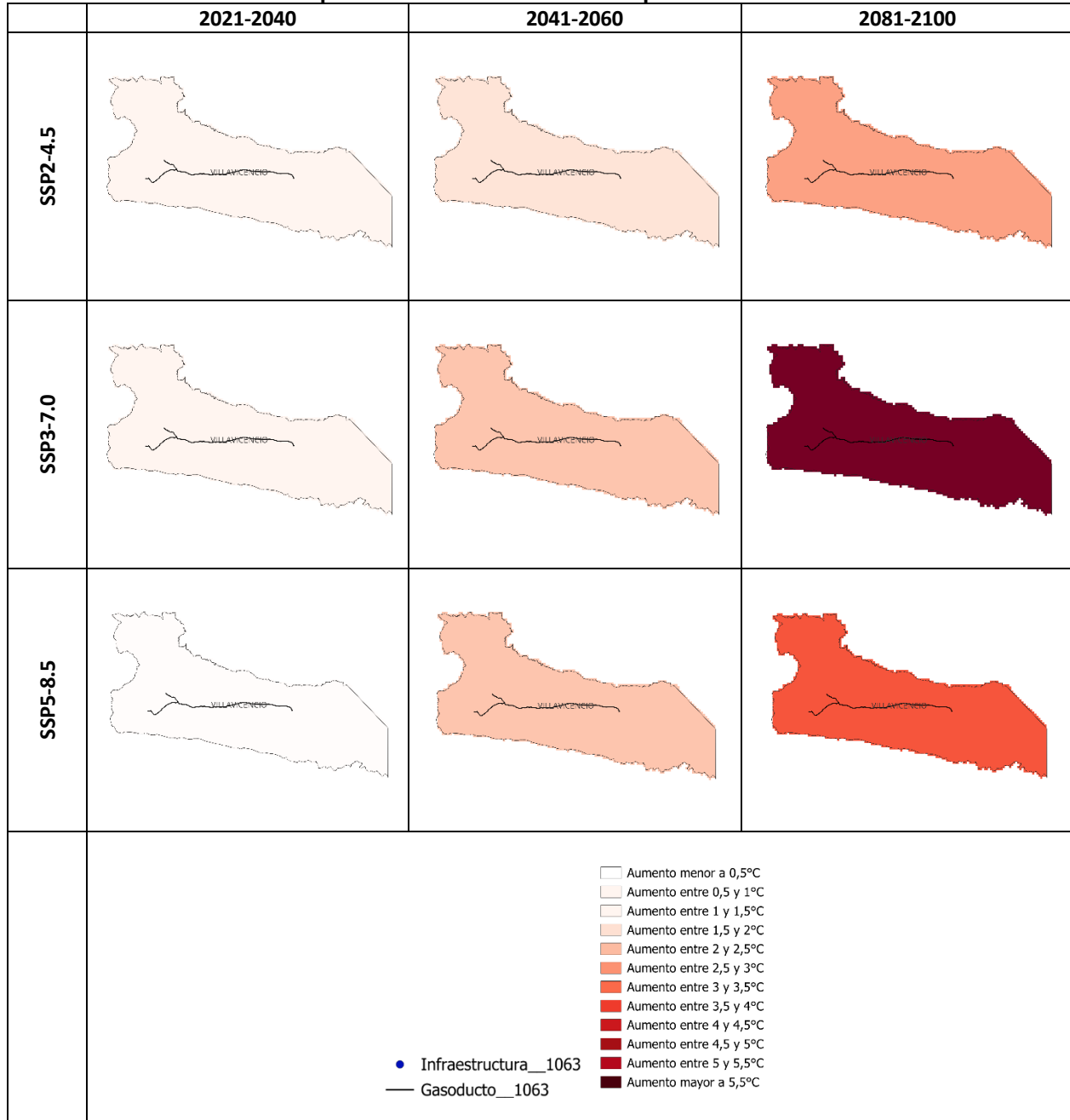
Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025.

**Figura 9. Aumento (°C) de la temperatura máxima anual bajo los escenarios SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5- 8.5 (por filas), para los periodos futuros 2021-2040, 2041-2060 y 2081-2100 (por columnas), en comparación a la observada en el periodo 1991-2014**



Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025.

**Figura 10. Aumento (°C) de la temperatura mínima anual bajo los escenarios SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5 (por filas), para los periodos futuros 2021-2040, 2041-2060 y 2081-2100 (por columnas), en comparación a la observada en el periodo 1991-2014**



Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025.

### 4.2.3 Análisis de la amenaza por Cambio Climático

Para la determinación de la amenaza, se utilizó como indicador principal el generado para el sector infraestructura en el análisis de vulnerabilidad para Colombia de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (IDEAM; PNUD; MADS; DNP; Cancillería, 2017). Este indicador se denomina “Cambio proyectado en los daños a vías primarias y secundarias por inundaciones y deslizamientos debido a cambios en la precipitación”, y el mismo incorpora la relación entre los niveles de susceptibilidad a movimientos en masa e inundaciones que tiene un determinado lugar en el país con los posibles aumentos que se darían en las lluvias bajo distintos escenarios de cambio climático. Si bien en el caso de los gasoductos no se tratan propiamente de vías, éstos presentan las mismas afectaciones ante este tipo de eventos, y por ello se realiza un análisis similar al de la Tercera Comunicación Nacional.

#### 4.2.3.1 Cambio proyectado de la Precipitación bajo escenarios de cambio climático

Con base en los escenarios de cambio climático descritos anteriormente, y tomando específicamente los de la precipitación, se analizó el aumento que podría darse de ésta en el futuro cercano, lo cual generaría aumento en los desastres asociados a esta variable (deslizamientos, inundaciones, crecientes súbitas, entre otros) y los que ocasionarían afectaciones en los gasoductos de la zona del Gasoducto Apiay – Villavicencio – Ocoa

Para este indicador, como el cambio futuro en las lluvias se presenta como un cambio porcentual del volumen de éstas, y como la afectación para la infraestructura está asociada principalmente al aumento de las lluvias, se tomaron únicamente los rangos y valores de aumento porcentual del volumen, y con base en ellos se establecieron los niveles o grados de amenaza que representarían (Tabla 9).

**Tabla 9. Categorías de normalización establecidos para el indicador “Cambio proyectado de la Precipitación bajo escenarios de cambio climático”**

Porcentaje Proyectado de Aumento del volumen de la Precipitación anual	Nivel de Amenaza que representa
Superior al 40%	5 – Muy alto
Entre 30% y 40%	4 – Alto
Entre 20% y 30%	3 – Moderado
Entre 10% y 20%	2 – Bajo
Inferior a 10%	1 – Muy bajo

Fuente: TCNCC, 2017. Adaptado por Gradex Ingeniería S.A. julio 2024.

De acuerdo con este indicador, para la zona del Gasoducto Apiay – Villavicencio – Ocoa, se tendría el mismo nivel de amenaza, siendo muy bajo, en la **Tabla 10** se pueden observar los valores obtenidos para el gasoducto.

**Tabla 10. Niveles de amenaza del indicador “Cambio proyectado de la Precipitación bajo escenarios de cambio climático”, bajo los 3 escenarios SSP en los 3 periodos futuros analizados, para los tramos de la zona del Gasoducto Apiay – Villavicencio – Ocoa**

No.	Nombre del Tramo	Tipo de Ducto	SSP2-4.5 2021-2040	SSP2-4.5 2041-2060	SSP2-4.5 2081-2100	SSP3-7.0 2021-2040	SSP3-7.0 2041-2060	SSP3-7.0 2081-2100	SSP5-8.5 2021-2040	SSP5-8.5 2041-2060	SSP5-8.5 2081-2100
1	Apiay – Ocoa	Troncal	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Pompeya	Ramal	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Villavicencio	Ramal	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Villavicencio	ECG	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Gradex Ingeniería S.A., con base en la información suministrada por TGI y la información secundaria disponible en entidades como el Servicio Geológico Colombiano e IDEAM, entre otros.

En concordancia con el capítulo 2 del Plan de Gestión de Riesgos y Desastres del Gasoducto Apiay – Villavicencio – Ocoa (PGRDEPP), donde se evalúan diferentes amenazas a las que puede verse expuesto el gasoducto, algunas pueden verse afectadas por los cambios futuros en las precipitaciones, siendo la amenaza por movimientos en masa e inundación, por lo que se tomará como referencia los valores de amenaza generados en este documento para las amenazas por movimientos en masa e inundación, así poder evaluarlos en el escenario SSP2-4.5 y las 3 temporalidades modeladas.

#### 4.2.3.2 Amenaza por movimientos en masa

Desde el numeral “2.1.3.1.5 Geotecnia”, del PGRDEPP del Gasoducto Apiay – Villavicencio – Ocoa, se identifica la Zonificación de Susceptibilidad a los Movimientos en Masa, con base a la guía realizada por el Servicio Geológico Colombiano, SGC, el cual tiene en cuenta variables como el volumen de la precipitación, la unidad geológica del suelo, cobertura de la tierra, entre otras, además, de agregar los reportes suministrados por TGI de los sectores donde se habían presentado movimientos en el gasoducto, de acuerdo con esto, el Derecho de Vía del Gasoducto Apiay – Villavicencio – Ocoa, en el 2018 el porcentaje principal corresponde a la categoría moderada, con 82,70% del área de afectación y 1,23% a alta equivalente a 0,51 kilómetros, siendo el DDV más crítico la troncal Apiay – Ocoa.

Para evaluar la estabilidad en 2024 se procedió a recalificar las zonas del derecho de vía, asignando una categoría inferior a las áreas en las que de acuerdo al reconocimiento de campo de los inspectores de TGI, en 2023 se adecuaron las obras de protección por ejemplo si el sector estaba en categoría Moderada, la acción de las obras permite bajar esta susceptibilidad a la categoría Baja, del mismo modo, la presencia de procesos geotécnicos por el contrario acentúa la susceptibilidad y la categoría moderada pasaría a alta, donde predominan las áreas de amenaza moderada con el 82,22% del sistema seguida por la amenaza baja con el 16,12%.

Con base en los niveles de amenaza del indicador presentado “Cambio proyectado de la Precipitación bajo escenarios de cambio climático” y los valores presentes de “Amenaza por remoción en masa”, y teniendo como elemento expuesto los tramos de la zona del gasoducto, se realizó el cálculo de los niveles de amenaza futura, bajo los escenarios SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para los periodos futuros 2021-2040, 2041-2060 y 2081-2100, los resultados de estos se puede observar en el **Anexo 2** adjunto a este documento.

Como se menciona anteriormente el 82,22% del gasoducto se encuentra en una susceptibilidad moderada, el 16,12% restante se ubica en un nivel bajo, a su vez el nivel de amenaza por aumento en la precipitación bajo el escenario solicitado, siendo el SSP2-4.5 y en todos los periodos futuros

es muy baja (**Tabla 11**), de tal forma que se reduce el nivel de susceptibilidad del gasoducto, ajustándose a un nivel bajo de amenaza, dejando solo el 5,77% del gasoducto en un nivel moderado. En el **Anexo 2** del presente documento puede se puede consultar con mayor detalle el grado de amenaza por movimientos en masa para el resto de los escenarios y temporalidades, de los tramos regulatorios (ramales).

**Tabla 11. Nivel de Amenaza por Movimientos en Masa en el Gasoducto Apiay – Villavicencio – Ocoa, para el escenario SSP2 – 4.5 y las 3 temporalidades**

No.	Nombre del Tramo	Tipo de Ducto	Grado	Valor	Longitud	% Tramo	SSP2-4.5 2021-2040	SSP2-4.5 2041-2060	SSP2-4.5 2081-2100
1	Apiay – Ocoa	TRONCAL	Alta	4	502.22	1.36%	3	3	3
			Media	3	29,983.52	81.11%	2	2	2
			Baja	2	6,479.42	17.53%	2	2	2
	<b>Total Troncal Apiay – Ocoa</b>				<b>36,965.16</b>	<b>100%</b>			
2	Pompeya	RAMAL	Media	3	80.39	73.08%	2	2	2
			Baja	2	29.61	26.92%	2	2	2
	<b>Total Ramal Pompeya</b>				<b>110</b>	<b>100%</b>			
3	Villavicencio	RAMAL	Alta	4	178.59	4.41%	3	3	3
			Media	3	3,827.37	94.50%	2	2	2
			Baja	2	44.04	1.09%	2	2	2
	<b>Total Ramal Villavicencio</b>				<b>4050</b>	<b>100%</b>			
<b>Total General</b>					<b>41,125.16</b>				

Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025.

**Tabla 12. Nivel de Amenaza por Movimientos en Masa en la ECG de Villavicencio, para el escenario SSP2 – 4.5 y las 3 temporalidades**

No.	Nombre	Infraestructura	Grado	Valor	SSP2-4.5 2021-2040	SSP2-4.5 2041-2060	SSP2-4.5 2081-2100
4	Villavicencio	ECG	Baja	2	2	2	2

Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025.

Según las valoraciones obtenidas para el escenario SSP2-4.5 en sus tres temporalidades, el grado de amenaza más recurrente es baja con el 98,34%. En el caso de la ECG de Villavicencio el grado de amenaza se mantiene igual (**Tabla 12**).

#### 4.2.3.3 Amenaza por inundación

Desde el numeral “2.1.3.4 Identificación y Evaluación de Amenazas Exógenas sobre la Infraestructura de TGI S.A. ESP” del PGRDEPP, se evalúa el grado de amenaza presente por inundación, tomándose como base el mapa geomorfológico producto de la información secundaria obtenida del geoportal del Servicio Geológico y a partir de fotointerpretación de imágenes aéreas del Google Earth, se calificaron las unidades de acuerdo con la probabilidad de ser afectadas por inundaciones, de forma tal, que las unidades más próximas a los cuerpos de agua corresponden a áreas con amenaza alta y las más alejadas y topográficamente más altas las de menor amenaza, estableciendo que el grado de amenaza por inundación más recurrente para el gasoducto se encuentra en un nivel medio.

Con base en los niveles de amenaza del indicador presentado “Cambio proyectado de la Precipitación bajo escenarios de cambio climático” y los valores presentes de “Amenaza por inundación”, y teniendo como elemento expuesto los tramos de la zona del gasoducto, se realizó el

cálculo de los niveles de amenaza futura, bajo los escenarios SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para los periodos futuros 2021-2040, 2041-2060 y 2081-2100, los resultados de estos se puede observar en el **Anexo 2** adjunto a este documento.

Según los valores obtenidos en la valoración de la amenaza de inundación desde el PGRDEPP, la mayor parte de los elementos expuestos del gasoducto presentan niveles moderados y bajos, a su vez, el nivel de amenaza por aumento en la precipitación es muy baja en el escenario, siendo el SSP2-4.5 (**Tabla 13**), de tal forma que esta última permite bajar el nivel de amenaza anterior, clasificando así el 13,63% del gasoducto con una amenaza moderada. En el caso de la ECG de Villavicencio el grado de amenaza se mantiene igual, siendo baja (**Tabla 14**).

**Tabla 13. Nivel de Amenaza por Inundación para el Gasoducto Apiay – Villavicencio – Ocoa, para el escenario SSP2 – 4.5 y las 3 temporalidades**

No.	Nombre del Tramo	Tipo de Ducto	Grado	Valor	Longitud	% Tramo	SSP2-4.5 2021-2040	SSP2-4.5 2041-2060	SSP2-4.5 2081-2100
1	Apiay – Ocoa	TRONCAL	Alta	4	5,568.65	15.06%	3	3	3
			Media	3	28,464.41	77.00%	2	2	2
			Baja	2	2,932.11	7.93%	2	2	2
	<b>Total Troncal Apiay – Ocoa</b>				<b>36,965.16</b>	<b>100%</b>			
2	Pompeya	RAMAL	Baja	2	110	100%	2	2	2
	<b>Total Ramal Pompeya</b>				<b>110</b>	<b>100%</b>			
3	Villavicencio	RAMAL	Alta	4	34.97	0.86%	3	3	3
			Media	3	3,398.99	83.93%	2	2	2
			Baja	2	616.04	15.21%	2	2	2
	<b>Total Ramal Villavicencio</b>				<b>4,050</b>	<b>100%</b>			
<b>Total General</b>					<b>41,125.16</b>				

Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025.

**Tabla 14. Nivel de Amenaza por Inundación en la ECG de Villavicencio, para el escenario SSP2 – 4.5 y las 3 temporalidades**

No.	Nombre	Infraestructura	Grado	Valor	SSP2-4.5 2021-2040	SSP2-4.5 2041-2060	SSP2-4.5 2081-2100
4	Villavicencio	ECG	Baja	2	2	2	2

Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025.

#### 4.2.3.4 Amenaza por Incendio de la Cobertura Vegetal

Desde el numeral “2.1.3.4 Identificación y Evaluación de Amenazas Exógenas sobre la Infraestructura de TGI S.A. ESP” del PGRDEPP, se evalúa el grado de amenaza presente por incendio de la cobertura vegetal, con base a el “Protocolo Para La Realización De Mapas De Zonificación De Riesgos A Incendios De La Cobertura Vegetal”<sup>12</sup> establecido por el IDEAM, en el cual se tiene en cuenta variables como: la temperatura media, inventario del reporte de incendios territorial, valoración de la cobertura en términos del potencial y duración para la propagación de incendios, entre otras. Según los resultados el grado de amenaza más relevante para el gasoducto se encuentra en un nivel alto y moderado.

<sup>12</sup> IDEAM, 2011. Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal - Escala 1:100.000 / ajustado.

Con base en los escenarios de cambio climático descritos anteriormente, se analizó el cambio en la temperatura media que podría darse de ésta en el futuro (**Tabla 16**), lo cual generaría aumento en los desastres asociados a esta variable (sequías, incendios forestales, desabastecimiento hídrico, entre otros) y los que ocasionarían afectaciones en los tramos de la zona del gasoducto. Para la valoración de la temperatura como amenaza, se tomaron los rangos y valores de temperatura media anual establecidos en la misma guía, esta valoración se puede observar en la **Tabla 15**. Posteriormente, se realiza el cruce de los niveles de amenaza obtenidos en el PGRDEPP con el nivel de amenaza por temperatura para los escenarios y temporalidades establecidas, generando los niveles de amenaza por incendio de cobertura vegetal en la **Tabla 17** y **Tabla 18**.

**Tabla 15. Amenaza por la temperatura a Incendios Forestales**

Temperatura media anual (°C)	Nivel de amenaza que representa
< 6°	1 – Muy baja
6° - 12°	2 – Baja
13° - 18°	3 – Moderada
19° - 24°	4 – Alta
> 24°	5 – Muy alta

Fuente: Protocolo Para La Realización De Mapas De Zonificación De Riesgos A Incendios De La Cobertura Vegetal. IDEAM. 2011

**Tabla 16. Niveles de amenaza por “Cambio de Temperatura” para el Gasoducto Apiay – Villavicencio – Ocoa**

No.	Nombre del Tramo	Tipo de Ducto	SSP2-4.5 2021-2040	SSP2-4.5 2041-2060	SSP2-4.5 2081-2100	SSP3-7.0 2021-2040	SSP3-7.0 2041-2060	SSP3-7.0 2081-2100	SSP5-8.5 2021-2040	SSP5-8.5 2041-2060	SSP5-8.5 2081-2100
1	Apiay - Ocoa	Troncal	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	Pompeya	Ramal	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3	Villavicencio	Ramal	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	Villavicencio	ECG	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025.

**Tabla 17. Nivel de Amenaza por Incendio de la cobertura vegetal para el Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa, para el escenario SSP2 – 4.5 y las 3 temporalidades**

No.	Nombre del Tramo	Tipo de Ducto	Grado	Valor	Longitud	% Ducto	% Tramo	SSP2-4.5 2021-2040	SSP2-4.5 2041-2060	SSP2-4.5 2081-2100
1	Apiay - Ocoa	TRONCAL	Muy Alta	5	3,074.99	7.48%	8.32%	5	5	5
			Alta	4	30,609.86	74.43%	82.81%	5	5	5
			Media	3	3,280.30	7.98%	8.87%	4	4	4
	<b>Total Troncal Apiay - Ocoa</b>				<b>36,965.16</b>	<b>89.88%</b>	<b>100%</b>			
2	Pompeya	RAMAL	Media	3	110	0.27%	100%	4	4	4
	<b>Total Ramal Pompeya</b>				<b>110</b>	<b>0.27%</b>	<b>100%</b>			
3	Villavicencio	RAMAL	Alta	4	3,530.78	8.59%	87.18%	5	5	5
			Media	3	519.23	1.26%	12.82%	4	4	4
	<b>Total Ramal Villavicencio</b>				<b>4,050</b>	<b>9.85%</b>	<b>100%</b>			

Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025.

**Tabla 18. Nivel de Amenaza por Incendio Forestal en la ECG de Villavicencio, para el escenario SSP2 – 4.5 y las 3 temporalidades**

No.	Nombre del Tramo	Tipo de Ducto	Grado	Valor	SSP2-4.5 2021-2040	SSP2-4.5 2041-2060	SSP2-4.5 2081-2100
4	Villavicencio	ECG	Alta	4	5	5	5

Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025.

De acuerdo con lo anterior, el 90,49% de la zona se ubica en un nivel de amenaza muy alto por incendios forestales, esto se debe en gran medida a la amenaza por el cambio en la temperatura media del municipio. En el **Anexo 2** del presente documento se puede consultar con mayor detalle el grado de amenaza por incendio de la cobertura vegetal para el resto de los escenarios y temporalidades de los tramos regulatorios (troncal, ramales y ECG).

### 4.3 FASE 3. CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD

El IPCC explica la vulnerabilidad como la predisposición de sufrir afectaciones negativas. Para el cálculo de esta se cuantifica dos variables, la primera la sensibilidad del proyecto, entendida como la susceptibilidad de ser afectado, y la falta de capacidad de afrontar y adaptarse a los cambios del clima y la segunda la capacidad adaptativa del mismo, entendida como la capacidad de los sistemas, las instituciones, los humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias generadas por los cambios del clima. A continuación, se presentará el cálculo de estos dos elementos:

#### 4.3.1 Cuantificación de la sensibilidad

Se entiende por sensibilidad, el análisis de los elementos que contribuyen a la materialización de un riesgo. Se debe considerar que la sensibilidad puede verse exacerbada por un agente amenazante en específico, por ello se parte del análisis de los diferentes impactos o afectaciones identificadas. Teniendo en cuenta lo anterior, se califica la posibilidad de ocurrencia de cada amenaza, y se califica la importancia del elemento expuesto, teniendo en cuenta el volumen de producto transportado, la cantidad de usuarios a los que suple necesidades. De esta forma se tiene la siguiente calificación para determinar la sensibilidad (**Tabla 19**).

**Tabla 19. Calificación y Clasificación de la Centralidad y Alcance de las amenazas**

Sensibilidad		Posibilidad de ocurrencia		
		1 – Poco Posible	2 – Posible	3 – Muy Posible
Importancia elemento expuesto	1 – Auxiliar	Muy Bajo	Bajo	Moderado
	2 – Importante	Bajo	Moderado	Alto
	3 – Indispensable	Moderado	Alto	Muy Alto

Fuente: Ministerio de Minas y Energía. (2023). Lineamientos PIGCCe; Adaptado por Gradex Ingeniería S.A. julio 2024

➤ **Sensibilidad del proyecto frente a la Amenaza por Movimientos en Masa**

Como se puede ver en la **Tabla 20**, el nivel de sensibilidad del proyecto abarca desde el nivel bajo hasta muy alto, de tal forma que el 73,34% del proyecto se ubica en niveles altos, seguido del 25,06% que se ubica en un nivel moderado. Sin embargo, el 72,91% de la Troncal Apiay – Ocoa se encuentra en un nivel alto de sensibilidad además de ser la parte del gasoducto con mayor importancia dentro del mismo.

En el caso de la ECG de Villavicencio, aunque su nivel de amenaza es bajo resulta ser de gran importancia para la operación, de tal forma que al cruzar estos valores la sensibilidad el elemento se

ubica en niveles moderados. En el **Anexo 3** del presente documento se puede consultar a mayor detalle esta información.

**Tabla 20. Grado de sensibilidad del proyecto por Movimientos en Masa para el Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa**

No.	Nombre del Tramo	Tipo de Ducto	Grado	Valor	Sensibilidad			% Tramo
					Importancia del Elemento Expuesto	Posibilidad de ocurrencia	Valoración	
1	Apiay - Ocoa	TRONCAL	Alta	4	3	3	Muy alto	1.36%
			Media	3	3	2	Alto	81.11%
			Baja	2	3	1	Moderado	17.53%
	Total Troncal Apiay - Ocoa							100%
2	Pompeya	RAMAL	Media	3	1	2	Bajo	73.08%
			Baja	2	1	1	Muy Bajo	26.92%
	Total Ramal Pompeya							100%
3	Villavicencio	RAMAL	Alta	4	2	3	Alto	4.41%
			Media	3	2	2	Moderado	94.50%
			Baja	2	2	1	Bajo	1.09%
	Total Ramal Villavicencio							100%
4	Villavicencio	ECG	Baja	2	3	1	Moderado	

Fuente: Gradex Ingeniería S.A., enero 2025.

➤ Sensibilidad del proyecto frente a la Amenaza por Inundación

Como se puede ver en la **Tabla 21**, el nivel de sensibilidad del proyecto abarca desde el nivel bajo hasta muy alto, de tal forma que el 69,21% del proyecto se ubica en niveles altos, seguido del 15,39% que se ubica en un nivel moderado. Sin embargo, la Troncal Apiay – Ocoa se encuentra en un nivel alto de sensibilidad además de ser la parte del gasoducto con mayor importancia dentro del mismo.

En el caso de la ECG de Villavicencio, aunque su nivel de amenaza es bajo resulta ser de gran importancia para la operación, de tal forma que al cruzar estos valores la sensibilidad el elemento se ubica en niveles moderados. En el **Anexo 3** del presente documento se puede consultar a mayor detalle esta información.

**Tabla 21. Grado de sensibilidad del proyecto por Inundación para el Gasoducto Apiay – Villavicencio – Ocoa**

No.	Nombre del Tramo	Tipo de Ducto	Grado	Valor	Sensibilidad			% Tramo
					Importancia del Elemento Expuesto	Posibilidad de ocurrencia	Valoración	
1	Apiay – Ocoa	TRONCAL	Alta	4	3	3	Muy alto	15.06%
			Media	3	3	2	Alto	77.00%
			Baja	2	3	1	Moderado	7.93%
	Total Troncal Apiay – Ocoa							100%
2	Pompeya	RAMAL	Baja	2	1	1	Muy Bajo	100%

No.	Nombre del Tramo	Tipo de Ducto	Grado	Valor	Sensibilidad			% Tramo
					Importancia del Elemento Expuesto	Posibilidad de ocurrencia	Valoración	
<b>Total Ramal Pompeya</b>								<b>100%</b>
3	Villavicencio	RAMAL	Alta	4	2	3	Alto	0.86%
			Media	3	2	2	Moderado	83.93%
			Baja	2	2	1	Baja	15.21%
<b>Total amal Villavicencio</b>								<b>100%</b>
4	Villavicencio	ECG	Baja	2	3	1	Moderado	

Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025.

➤ Sensibilidad del proyecto frente a la Amenaza por Incendio en la Cobertura Vegetal

Como se puede ver en la **Tabla 22**, el nivel de sensibilidad del proyecto abarca desde el nivel bajo hasta muy alto, sin embargo, la troncal Apiay - Ocoa y la ECG de Villavicencio presentan una mayor importancia dentro de la operación, por lo que presenta valores de muy alta sensibilidad. Por otro lado, el ramal Villavicencio si bien presenta un nivel de importancia diferente presenta niveles altos de amenaza, generando así que la sensibilidad se ubique en niveles altos y moderados. En el **Anexo 3** del presente documento se puede consultar a mayor detalle esta información.

**Tabla 22. Grado de sensibilidad del proyecto por Incendio en la Cobertura Vegetal para el Gasoducto Apiay – Villavicencio – Ocoa**

No.	Nombre del Tramo	Tipo de Ducto	Grado	Valor	Sensibilidad			% Tramo
					Importancia del Elemento Expuesto	Posibilidad de ocurrencia	Valoración	
1	Apiay - Ocoa	TRONCAL	Muy Alta	5	3	3	Muy alto	8.32%
			Alta	4	3	3	Muy alto	82.81%
			Media	3	3	2	Alto	8.87%
2	Pompeya	RAMAL	Media	3	1	2	Bajo	100%
3	Villavicencio	RAMAL	Alta	4	2	3	Alto	87.18%
			Media	3	2	2	Moderado	12.82%
4	Villavicencio	ECG	Alta	4	3	3	Muy alto	

Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025

### 4.3.2 Cuantificación de la capacidad adaptativa

La capacidad de adaptación de la empresa se determinará según los recursos, herramientas e instrumentos con los que dispone para atender la materialización de las amenazas, para esto se definieron seis indicadores:

- Indicador 1: índice de liquidez superior (25 %).
- Indicador 2: nivel de endeudamiento (25 %).
- Indicador 3: condiciones del recurso humano (15 %).
- Indicador 4: existencia de medidas concretas hacia el cambio climático o sus efectos (15%).
- Indicador 5: recursos operacionales (10 %).
- Indicador 6: marco normativo sectorial (10 %).

Por medio de la **Tabla 23** puede verse los valores para cada ítem, estos se obtuvieron con base a la información financiera y administrativa de la empresa, para luego ser ponderado con el peso de cada indicador, al sumar los valores ponderados se obtiene que la capacidad adaptativa de la empresa es alta. Lo anterior se debe a la solidez en sus recursos financieros y empresariales, en el caso de su nivel de endeudamiento se encuentra en un nivel medio; es decir, que la empresa se encuentra en capacidad de financiar medidas o estrategias de aumento de capacidades para afrontar externalidades como el clima cambiante, además, de contar con un compromiso empresarial vigente pues se desarrolla la actualización de todos los PGDREPP para cada gasoducto y la elaboración de los PACC, esto permite la creación de estrategias que faciliten el proceso de gestión de emergencias, aumentando su resiliencia.

**Tabla 23. Índice Capacidad Adaptativa**

Aspecto	Peso Aspecto	Factores	Peso Factores	Criterio de Medición	Indicador	Valor	Peso Indicador	Valor Ponderado
Recursos financieros <sup>13</sup>	50%	Nivel de liquidez media (Activo corriente / Pasivo corriente)	25%	El índice de liquidez de su empresa se encuentra	Índice de liquidez superior	100%	25%	25%
		Nivel de endeudamiento	25%	El nivel de endeudamiento de su empresa se encuentra	Nivel de endeudamiento	61%	25%	15%
Recursos empresariales	40%	Recursos humanos	15%	Condiciones del recurso humano <sup>14</sup>	Porcentaje de contratación directa	100%	15%	15%
		Compromiso empresarial	15%	Existencia de medidas concretas hacia el cambio climático o sus efectos <sup>15</sup>	Se han elaborado o están elaborando planes de adaptación/respuesta a emergencias/información	100%	15%	15%
		Mecanismos de colaboración y difusión de experiencias	10%	Existencias de gremios o asociaciones de empresas <sup>16</sup>	Afiliación a alguna agrupación	100%	10%	10%
Recursos institucionales	10%	Marco normativo sectorial	10%	Existencia de reglamentos técnicos y normativas internas que incluyan consideraciones del cambio climático <sup>17</sup>	Numero de medidas referentes a la adaptación al cambio climático	22%	10%	2%
<b>Total</b>							100%	82%

Fuente: Gradex Ingeniería S.A. julio 2024.

<sup>13</sup> KPMG. (2023). Estados Financieros TGI. Al 31 de diciembre de 2023. Pag 10. (<https://www.grupoenergiabogota.com/inversionistas/centro-de-resultados>)

<sup>14</sup> TGI. (2021). Manual de Contratación y Control de Ejecución. (<https://www.tgi.com.co/grupos-de-interes/informacion-proveedores/normatividad-en-contratacion>)

<sup>15</sup> Actualmente se está actualizando los PGRD de los 18 gasoductos que hacen parte de TGI y se está elaborando Planes de Adaptación al Cambio Climático para estos.

<sup>16</sup> Relacionamiento entidades gubernamentales y organización gremiales: <https://www.tgi.com.co/nosotros/gremios>

<sup>17</sup> Gradex (2019). Capítulo 3. Componente Reducción del Riesgo. Expediente Ambiental LAM0299.

### 4.3.3 Vulnerabilidad del Sistema

Para este punto se debe tener en cuenta que la calificación y clasificación de la vulnerabilidad (**Tabla 24**), es diferente para cada componente del sistema y ante cada uno de los agentes amenazantes, de tal forma que al cruzar el valor de sensibilidad y la capacidad de adaptación da como resultado la calificación de la vulnerabilidad del sistema, definiendo los siguientes niveles de vulnerabilidad:

**Tabla 24. Calificación y Clasificación de la Vulnerabilidad**

Vulnerabilidad		Capacidad de Adaptación		
		Baja	Moderada	Alta
Sensibilidad	Muy Bajo	Moderada	Muy Baja	Muy Baja
	Bajo	Alta	Baja	Muy Baja
	Moderado	Alta	Moderada	Baja
	Alto	Muy Alta	Alta	Moderada
	Muy Alto	Muy Alta	Alta	Moderada

Fuente: Ministerio de Minas y Energía. (2023). Lineamientos PIGCCe.

#### 4.3.3.1 Vulnerabilidad del Sistema por Movimientos en Masa

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en la sensibilidad anteriormente, y al cruzarlos con el valor de la capacidad adaptativa se obtienen valores que oscilan entre moderado y muy bajo (**Tabla 25**), en el caso del Troncal Apiay - Ocoa, aunque presenta una sensibilidad muy alta y alta al cambio climático, la empresa tiene una capacidad adaptativa robusta que mitiga esta sensibilidad, resultando en una vulnerabilidad moderada, sin embargo, a pesar de la capacidad adaptativa, los eventos climáticos extremos y las incertidumbres asociadas con el cambio climático pueden presentar desafíos imprevistos que podrían superar las capacidades actuales, por lo que es crucial que la empresa continúe fortaleciendo sus estrategias adaptativas y monitoree continuamente los riesgos climáticos para mantener esta vulnerabilidad en niveles manejables. En el caso de los valores bajos y muy bajos, presentes en el ECG Villavicencio, el ramal Pompeya y Villavicencio, la capacidad adaptativa de la empresa permite manejar los impactos climáticos de manera efectiva, reduciendo la vulnerabilidad general. En el **Anexo 3** del presente documento se puede consultar a mayor detalle esta información.

**Tabla 25. Vulnerabilidad del Sistema por Movimientos en Masa**

No.	Nombre del Tramo	Tipo de Ducto	Sensibilidad	Capacidad adaptativa	Vulnerabilidad	% Tramo
			Valoración			
1	Apiay – Ocoa	TRONCAL	Muy alto	Alta	Moderada	1.36%
			Alto	Alta	Moderada	81.11%
			Moderado	Alta	Baja	17.53%
2	Pompeya	RAMAL	Bajo	Alta	Muy Baja	73.08%
			Muy Bajo	Alta	Muy Baja	26.92%
3	Villavicencio	RAMAL	Alto	Alta	Moderada	4.41%
			Moderado	Alta	Baja	94.50%
			Bajo	Alta	Muy Baja	1.09%
4	Villavicencio	ECG	Moderado	Alta	Baja	

Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025

**4.3.3.2 Vulnerabilidad del Sistema por Inundación**

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en la sensibilidad anteriormente, y al cruzarlos con el valor de la capacidad adaptativa se obtienen valores entre moderado y muy bajo (**Tabla 26**), en el caso del Troncal Apiay - Ocoa, aunque presenta una sensibilidad muy alta y alta al cambio climático, la empresa tiene una capacidad adaptativa robusta que mitiga esta sensibilidad, resultando en una vulnerabilidad moderada, sin embargo, a pesar de la capacidad adaptativa, los eventos climáticos extremos y las incertidumbres asociadas con el cambio climático pueden presentar desafíos imprevistos que podrían superar las capacidades actuales, por lo que es crucial que la empresa continúe fortaleciendo sus estrategias adaptativas y monitoree continuamente los riesgos climáticos para mantener esta vulnerabilidad en niveles manejables. En el caso de los valores bajos y muy bajos, presentes en el ECG Villavicencio, el ramal Pompeya y Villavicencio, la capacidad adaptativa de la empresa permite manejar los impactos climáticos de manera efectiva, reduciendo la vulnerabilidad general. En el **Anexo 3** del presente documento se puede consultar a mayor detalle esta información.

**Tabla 26. Vulnerabilidad del Sistema por Inundación**

No.	Nombre del Tramo	Tipo de Ducto	Sensibilidad	Capacidad adaptativa	Vulnerabilidad	% Tramo
			Valoración			
1	Apiay - Ocoa	TRONCAL	Muy alto	Alta	Moderada	15.06%
			Alto	Alta	Moderada	77.00%
			Moderado	Alta	Baja	7.93%
2	Pompeya	RAMAL	Muy Bajo	Alta	Muy Baja	100%
3	Villavicencio	RAMAL	Alto	Alta	Moderada	0.86%
			Moderado	Alta	Baja	83.93%
			Baja	Alta	Muy Baja	15.21%
4	Villavicencio	ECG	Moderado	Alta	Baja	

Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025

**4.3.3.3 Vulnerabilidad del Sistema por Incendios Forestales**

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en la sensibilidad anteriormente, y al cruzarlos con el valor de la capacidad adaptativa se obtienen valores que oscilan entre moderado y muy bajo (**Tabla 27**), en el caso de la troncal Apiay – Ocoa, el ramal Villavicencio y la ECG de Villavicencio, aunque presentan una sensibilidad muy alta y alta al cambio climático, la empresa tiene una capacidad adaptativa robusta que mitiga esta sensibilidad, resultando en una vulnerabilidad moderada, sin embargo, a pesar de la capacidad adaptativa, los eventos climáticos extremos y las incertidumbres asociadas con el cambio climático pueden presentar desafíos imprevistos que podrían superar las capacidades actuales, por lo que es crucial que la empresa continúe fortaleciendo sus estrategias adaptativas y monitoree continuamente los riesgos climáticos para mantener esta vulnerabilidad en niveles manejables. En el caso de los valores bajos y muy bajos, presentes en el ramal Pompeya y parte del ramal Villavicencio, la capacidad adaptativa de la empresa permite manejar los impactos climáticos de manera efectiva, reduciendo la vulnerabilidad general. En el **Anexo 3** del presente documento se puede consultar a mayor detalle esta información.

**Tabla 27. Vulnerabilidad del Sistema por Incendio Forestal**

No.	Nombre del Tramo	Tipo de Ducto	Sensibilidad	Capacidad adaptativa	Vulnerabilidad	% Tramo
			Valoración			
1	Apiay - Ocoa	TRONCAL	Muy alto	Alta	Moderada	8.32%
			Muy alto	Alta	Moderada	82.81%
			Alto	Alta	Moderada	8.87%
2	Pompeya	RAMAL	Bajo	Alta	Muy Baja	100%
3	Villavicencio	RAMAL	Alto	Alta	Moderada	87.18%
			Moderado	Alta	Baja	12.82%
4	Villavicencio	ECG	Muy alto	Alta	Moderada	

Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025

## 4.4 FASE 4. RIESGO CLIMÁTICO

En concordancia con lo anterior, se debe tener en cuenta que el riesgo también se diferencia entre cada componente del sistema, ante cada uno de los agentes amenazantes y es diferente para cada uno de los territorios en los que se presentan las operaciones. Para llegar al cálculo del riesgo climático total se debe realizar la clasificación del riesgo climático del sistema primero, el cual consta del cruce entre los resultados frente al nivel de vulnerabilidad y amenaza con la que cuenta el sistema. (Revisar **Anexo 3** para ver más a detalle).

### 4.4.1 Riesgo Climático del Sistema

Los valores obtenidos por riesgo para la amenaza por movimientos en masa como inundación presentaron valores entre muy bajo y moderado, sin embargo, se encuentra un mayor porcentaje del gasoducto dentro del riesgo muy bajo para las 3 temporalidades en el escenario SSP2-4.5. Para el escenario por incendio de la cobertura vegetal, se obtuvieron valores predominantes en un riesgo alto, en las 3 temporalidades, esto se debe a los valores altos de la amenaza en sí, pues se presentan temperaturas por encima de los 18°C en los territorios. En el **Anexo 3** del presente documento se puede consultar a mayor detalle esta información.

### 4.4.2 Riesgo Climático Total

Una vez se obtienen los resultados del riesgo climático del sistema estos se cruzan con los valores de riesgo que se presentan en los municipios por donde discurre el gasoducto, esto con el fin de evaluar y tener presente el riesgo que se presenta en el territorio debido al cambio y variabilidad climática, se debe recordar que estos valores son extraídos de la TCNCC.

Como se puede observar, tanto para el riesgo climático total por movimientos en masa (**Tabla 28**) como inundación (**Tabla 29**), predominan los valores de “muy bajo”, esto ofrece un buen panorama para el desarrollo de las actividades del proyecto pues debido a las condiciones operativas y de recursos de la empresa junto con la interacción del evento amenazante en el territorio, no se logra potencializar la probabilidad de materialización del riesgo mediante impactos que logren interrumpir la operación. Aunque se presenten niveles de riesgo muy bajo, es importante priorizar la implementación de medidas de monitoreo y seguimiento.

Con relación al riesgo climático por incendio en la cobertura vegetal (**Tabla 30**), los valores se ubican en un nivel moderado para las tres temporalidades para la troncal Apiay – Ocoa, el ramal Villavicencio y la ECG de Villavicencio, lo que indica una predisposición a que se potencialice la



## GESTIÓN SOCIO AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

Plan de Adaptación al Cambio Climático  
Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa

Código:

Revisión: Final

Emisión: 24 - enero -  
2025

probabilidad de materialización del riesgo mediante impactos que logren interrumpir la operación. Esto se debe a la interacción entre el evento amenazante y las condiciones del territorio, así como el riesgo por cambio climático de estos y las altas temperaturas proyectadas para el escenario SSP2-4.5, lo que aumentan la probabilidad de materialización del riesgo, afectando la operación.

En el **Anexo 3** del presente documento se puede consultar a mayor detalle esta información.

**Tabla 28. Riesgo Climático Total por Movimientos en Masa**

No.	Nombre del Tramo	Tipo de Ducto	Municipios	Riesgo CC - TCNCC	SSP2-4.5 2021-2040	SSP2-4.5 2041-2060	SSP2-4.5 2081-2100	
					Riesgo Climático Total	Riesgo Climático Total	Riesgo Climático Total	% Tramo
1	Apiay - Ocoa	TRONCAL	Villavicencio	0.29	Moderado	Moderado	Moderado	1.36%
					Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	98.64%
					Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	
2	Pompeya	RAMAL	Villavicencio	0.29	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	100.00%
					Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	
3	Villavicencio	RAMAL	Villavicencio	0.29	Moderado	Moderado	Moderado	4.41%
					Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	95.59%
					Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	
4	Villavicencio	ECG	Villavicencio	0.29	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	

Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025.

**Tabla 29. Riesgo Climático Total por Inundación**

No.	Nombre del Tramo	Tipo de Ducto	Municipios	Riesgo CC - TCNCC	SSP2-4.5 2021-2040	SSP2-4.5 2041-2060	SSP2-4.5 2081-2100	
					Riesgo Climático Total	Riesgo Climático Total	Riesgo Climático Total	% Tramo
1	Apiay - Ocoa	TRONCAL	Villavicencio	0.29	Moderada	Moderada	Moderada	15.06%
					Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	84.94%
					Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	
2	Pompeya	RAMAL	Villavicencio	0.29	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	100%
3	Villavicencio	RAMAL	Villavicencio	0.29	Moderada	Moderada	Moderada	0.86%
					Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	99.14%
					Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	
4	Villavicencio	ECG	Villavicencio	0.29	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	

Fuente: Gradex Ingeniería S.A. enero 2025.

**Tabla 30. Riesgo Climático Total por Incendio Forestal**

No.	Nombre del Tramo	Tipo de Ducto	Municipios	Riesgo CC - TCNCC	SSP2-4.5 2021-2040	SSP2-4.5 2041-2060	SSP2-4.5 2081-2100	
					Riesgo Climático Total	Riesgo Climático Total	Riesgo Climático Total	% Tramo
1	Apiay - Ocoa	TRONCAL	Villavicencio	0.29	Moderado	Moderado	Moderado	100%
					Moderado	Moderado	Moderado	
					Moderado	Moderado	Moderado	
2	Pompeya	RAMAL	Villavicencio	0.29	Bajo	Bajo	Bajo	100%
3	Villavicencio	RAMAL	Villavicencio	0.29	Moderado	Moderado	Moderado	100%
					Moderado	Moderado	Moderado	
4	Villavicencio	ECG	Villavicencio	0.29	Moderado	Moderado	Moderado	

Fuente: Gradex Ingeniería S.A., enero 2025.

## 5 PLANIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Por medio de las metodologías utilizadas como la modelación de los diferentes escenarios de variabilidad climática y cambio climático junto con la del sector minero-energético para el análisis de riesgos climáticos, se lograron identificar las amenazas y el nivel de estas a las que se encuentra expuesto el gasoducto, de acuerdo con esto se plantearon seis medidas de adaptación, teniendo en cuenta reacondicionamientos a la infraestructura, monitoreos de algunas variables y capacitación al personal. (Tabla 31 a la Tabla 34).

**Tabla 31. Medida 1: Adaptación basada hacia una infraestructura resiliente**

Medida 1	Reacondicionamiento de la operación y mantenimiento hacia una Infraestructura resiliente
<b>Clasificación de la medida de adaptación</b>	<b>Infraestructura resiliente</b>
Ruta de abatimiento	Evitar emisiones – Senda de Mitigación
Amenazas frente a las cuales aumenta la adaptación o la gestión del riesgo	Inundaciones. Movimientos en masa. Incendios Forestales.
Impacto	<b>Económicos:</b> pérdida de ingresos por paradas de producción. <b>Ambientales:</b> derrames o fugas debido a la infraestructura afectada. <b>Sociales:</b> afectación de las comunidades locales asociadas al proyecto <b>Riesgos operativos:</b> seguridad de los trabajadores.
Descripción de la medida	El reacondicionamiento de infraestructura hacia una infraestructura resiliente en el gasoducto implica identificar las amenazas potenciales para el fortalecimiento de las instalaciones existentes, con el fin de resistir, adaptarse y recuperarse de los impactos del cambio climático y eventos extremos. Esto puede implicar la actualización de equipos, procedimientos, la mejora de las estructuras, la implementación de tecnologías más avanzadas y la incorporación de prácticas de gestión de riesgos climáticos.
Objetivo	Mejorar la capacidad de las instalaciones para resistir y recuperarse de los impactos del cambio climático, minimizando así los riesgos operativos, económicos y ambientales asociados. Además, busca garantizar la seguridad del personal y la continuidad de las operaciones en un entorno cada vez más variable y extremo por medio de acciones que conlleven a la reducción de la vulnerabilidad
Hipótesis de Adaptación	Se espera que el reacondicionamiento de la operación y mantenimiento hacia una infraestructura resiliente en el sector hidrocarburos mejore la capacidad de las instalaciones para resistir y recuperarse de los impactos del cambio climático. Esto permitirá mantener la continuidad operativa, reducir los costos asociados con daños a la infraestructura y minimizar los riesgos para el personal y el medio ambiente en un contexto de cambio climático.
Meta	Priorizar los riesgos Climáticos de mayor impacto sobre la Empresa (articulando los Planes de Gestión del Riesgo de Desastres, los Planes de Adaptación al Cambio Climático, para aumentar su resiliencia ante cambio climático y eventos extremos en sus actividades de operación y mantenimiento
Actividades principales para la implementación de la medida	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconocimiento detallado de la vulnerabilidad de las instalaciones existentes frente a los riesgos climáticos y eventos extremos.</li> <li>Desarrollar un plan detallado para el reacondicionamiento de la infraestructura, priorizando las acciones necesarias para mejorar la resiliencia de las instalaciones.</li> <li>Llevar a cabo las actividades de reacondicionamiento, que pueden incluir cambio de materiales, recubrimientos, actualización de equipos, fortalecimiento de estructuras, mejora de sistemas de drenaje, entre otros.</li> <li>Capacitar al personal sobre la importancia de la resiliencia climática y las medidas específicas implementadas, así como fomentar una cultura organizacional centrada en la gestión de riesgos climáticos.</li> </ul>
Área de implementación	La priorización se realizará inicialmente por el grado de importancia del elemento expuesto y el grado de amenaza debido a la interacción del evento amenazante con el cambio proyectado en la precipitación y temperatura. <ul style="list-style-type: none"> <li>Movimientos en Masa: En este caso los valores de amenaza que tienen mayor presencia en la infraestructura son bajo y muy bajo.</li> </ul>

Medida 1	Reacondicionamiento de la operación y mantenimiento hacia una Infraestructura resiliente
<b>Clasificación de la medida de adaptación</b>	<b>Infraestructura resiliente</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Inundación: En este caso los valores de amenaza que tienen mayor presencia en la infraestructura son bajo y muy bajo.</li> <li>➤ Incendio Cobertura Vegetal:               <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Nivel muy alto de amenaza y nivel de importancia (3): Troncal Apiay – Ocoa y ECG Villavicencio</li> <li>◆ Nivel muy alto de amenaza y nivel de importancia (2): Ramal Villavicencio</li> <li>◆ Nivel alto de amenaza y nivel de importancia (1): Ramal Pompeya</li> </ul> </li> </ul>
Plazo de implementación	Mediano y Largo Plazo (Acometidas, en implementación y planificación)

Fuente: Gradex Ingeniería S.A., enero 2025.

**Tabla 32. Medida 2: Adaptación basada en Gestión del Entono**

Medida 2	Planes de Gestión de Riesgo y Desastres - PGRD
<b>Clasificación de la medida de adaptación</b>	<b>Gestión del Entorno</b>
Amenazas frente a las cuales aumenta la adaptación o la gestión del riesgo	Inundaciones. Movimientos en masa. Incendios Forestales.
Impacto	Daño en la infraestructura. Costos de reparación, daños a equipos y materiales. Pérdida de biodiversidad, degradación de ecosistemas.
Descripción de la medida	Disponer de un Plan de Gestión de Riesgo y Desastres que alerta de las principales emergencias, a fin de proteger y aminorar daños a personas viajeras, edificios e infraestructuras. Éste se encuentra integrado en el marco de la senda de atención de emergencias. En este sentido, la implementación de los PGRD (Planes de Gestión de Riesgo y Desastres) está actualmente reduciendo las consecuencias de los impactos que generan diversas amenazas clave para ambas organizaciones como las precipitaciones extremas, las olas de calor en el territorio nacional.
Objetivo	Salvaguardar las instalaciones y operaciones del gasoducto contra los efectos adversos de los riesgos exógenos, minimizando así los riesgos para la seguridad, el medio ambiente y la continuidad de la producción. Además, busca proteger a las comunidades locales y los ecosistemas cercanos de posibles derrames de sustancias químicas y otros peligros asociados con la infraestructura (Riesgo Tecnológico)
Hipótesis de Adaptación	Contar y consultar los planes de gestión de riesgo y desastres permite identificar los riesgos climáticos específicos que afectan al proyecto, además de considerar la vulnerabilidad del mismo ante estos riesgos. Así mismo, se busca la incorporación de estrategias para mitigar los riesgos identificados implementando también un monitoreo continuo.
Meta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la capacidad de respuesta y Resiliencia Comunitaria por medio de socializaciones, capacitaciones o simulacros en áreas de afectación establecidas en el PGRD</li> <li>• Establecer metodología para obtener riesgo individual, riesgo social y riesgo ambiental sobre la infraestructura de la empresa</li> <li>• Mejorar la coordinación y comunicación entre todas las partes involucradas, incluyendo autoridades, organizaciones no gubernamentales y la comunidad en general, por medio de un simulacro al año entre las partes</li> <li>• Fortalecimiento de la capacidad de respuesta por medio de un simulacro internos ante unos de las amenazas identificadas en el PGRD</li> </ul>
Actividades principales para la implementación de la medida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión del PGRD para sus respectivas actualizaciones.</li> <li>• Programar y realizar capacitaciones y simulacros tanto al personal interno como las comunidades del área de influencia o posibles áreas de afectación.</li> <li>• Diseñar los PGRD teniendo en cuenta el conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo del desastre.</li> <li>• Elaborar planes de ayuda mutua PAM donde sea posible con entidades privadas o públicas</li> </ul> <p>Se debe tener en cuenta que la adaptación al cambio climático es un proceso continuo, y la gestión del riesgo debe ser flexible y adaptarse a las condiciones cambiantes del clima.</p>
Área de implementación	Infraestructura de la empresa

<b>Medida 2</b>	<b>Planes de Gestión de Riesgo y Desastres - PGRD</b>
<b>Clasificación de la medida de adaptación</b>	<b>Gestión del Entorno</b>
Plazo de implementación	Se implementará anualmente la actualización y revisión de estos.

Fuente: Gradex Ingeniería S.A., enero 2025.

**Tabla 33. Medida 3: Adaptación basada en Gobernanza y Comunicación**

<b>Medida 4</b>	<b>Cultura organizacional para adaptarse al cambio climático</b>
<b>Clasificación de la medida de adaptación</b>	<b>Gobernanza y Comunicación</b>
Amenazas frente a las cuales aumenta la adaptación o la gestión del riesgo	Inundaciones. Movimientos en masa. Incendios Forestales.
Impactos a mitigar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdidas económicas por daños a la infraestructura, interrupciones en la operación, costos de adaptación.</li> <li>• Afectación a la salud de trabajadores.</li> <li>• Pérdida de biodiversidad, degradación de ecosistemas, emisiones de gases de efecto invernadero.</li> </ul>
Descripción de la medida	<p>La "Cultura organizacional para adaptarse al cambio climático" se refiere a la creación de un entorno dentro de la operación del proyecto que fomente la comprensión, la acción y la responsabilidad frente al cambio climático.</p> <p>Implica promover una mentalidad y comportamientos dentro de la organización que reconozcan y respondan proactivamente a los desafíos y riesgos asociados con el cambio climático.</p> <p>Esta nueva cultura conlleva a la integración de consideraciones climáticas en todas las áreas de la empresa, desde la toma de decisiones estratégicas hasta las prácticas operativas diarias, y se caracteriza por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compromiso de la alta dirección: Reconocimiento del cambio climático como una amenaza real y priorización de la adaptación.</li> <li>• Conciencia y conocimiento: Capacitación del personal sobre el cambio climático y sus impactos en el proyecto.</li> <li>• Participación y empoderamiento: Involucramiento del personal en la identificación de riesgos y la implementación de medidas de adaptación.</li> <li>• Comunicación y transparencia: Información clara y abierta sobre los riesgos y las acciones tomadas para afrontarlos.</li> <li>• Innovación y aprendizaje continuo: Búsqueda de soluciones innovadoras y adaptación constante a nuevos escenarios.</li> <li>• Colaboración y trabajo en equipo: Cooperación interna y externa para compartir conocimientos y experiencias.</li> </ul>
Objetivo	Fomentar una cultura organizacional que reconozca la importancia del cambio climático como un factor crítico que afecta las operaciones y la sostenibilidad del sector hidrocarburos. Promover la adopción de prácticas y decisiones empresariales que mejoren la resiliencia frente a los impactos climáticos.
Hipótesis de Adaptación	El proyecto puede identificar y gestionar mejor los riesgos climáticos, anticipar y responder eficazmente a eventos extremos, y desarrollar prácticas más sostenibles que contribuyan a su resiliencia a largo plazo. La inversión en cultura organizacional será rentable a largo plazo, considerando los costos evitados por daños e interrupciones.
Meta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrar dentro de los riesgos estratégicos de la empresa los Riesgos Climáticos y sus respectivos controles dentro de la organización</li> <li>• Socialización 2 veces al año con los colaboradores de la empresa el objetivo de los Planes de adaptación climática de la empresa.</li> <li>• Elaboración del mapa de relacionamiento y mapa de actores.</li> </ul>
Actividades principales para la implementación de la medida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación y formación: <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Implementar programas de capacitación para el personal sobre cambio climático, riesgos climáticos y medidas de adaptación.</li> </ul> </li> <li>• Integración de consideraciones climáticas: <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Incorporar consideraciones climáticas en las políticas, procedimientos y decisiones empresariales, desde la planificación estratégica hasta las prácticas operativas diarias.</li> </ul> </li> </ul>

<b>Medida 4</b>	<b>Cultura organizacional para adaptarse al cambio climático</b>
<b>Clasificación de la medida de adaptación</b>	<b>Gobernanza y Comunicación</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicación y sensibilización:             <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Difundir información sobre el cambio climático y sus impactos a través de diversos canales de comunicación.</li> </ul> </li> <li>• Participación y empoderamiento:             <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Crear espacios de participación para que el personal pueda aportar ideas y soluciones.</li> </ul> </li> <li>• Gobernanza:             <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Desarrollar un mapa de relacionamiento en el que se establezca las relaciones de interés con los actores previamente identificados en la academia, industria, la ciudadanía y el gobierno, gremios y medios de comunicación.</li> </ul> </li> </ul>
Área de implementación	Todo el proyecto.
Plazo de implementación	Se implementará de forma continua y constante.

Fuente: Gradex Ingeniería S.A., enero 2025.

**Tabla 34. Medida 4: Adaptación basada en planeación, acciones y proyectos**

<b>Medida 5</b>	<b>Sistema de alertas tempranas</b>
<b>Clasificación de la medida de adaptación</b>	<b>Planeación, acciones y proyectos</b>
Amenazas frente a las cuales aumenta la adaptación o la gestión del riesgo	Inundaciones. Movimientos en masa. Incendios Forestales.
Impactos por mitigar	<p><b>Económico:</b> Pérdidas por daños a la infraestructura, interrupciones en la operación, costos de adaptación.</p> <p><b>Social:</b> Afectación a la salud humana, desplazamiento de poblaciones, conflictos por recursos.</p> <p><b>Ambiental:</b> Contaminación atmosférica e hídrica, pérdida de biodiversidad, degradación de ecosistemas, emisiones de gases de efecto invernadero, incendios forestales.</p>
Descripción de la medida	<p>El "Sistema de alertas tempranas" para el proyecto consiste en la implementación de procedimientos, tecnologías y protocolos que permiten detectar y monitorear eventos climáticos extremos con antelación. Esto puede incluir el uso de estaciones meteorológicas (información secundaria), satélites, modelos climáticos y sistemas de información geográfica para prever la ocurrencia de eventos climáticos adversos y emitir advertencias con suficiente tiempo para tomar medidas preventivas, que permiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviar reportes al área operativa de los boletines del clima emitidos por el IDEAM cuando se generen amenazas en subcuencas en alerta amarilla y roja.</li> <li>• Promover la obtención en 4 años la Instalación de sensores y estaciones meteorológicas cerca de las infraestructuras con algún tiempo de riesgo potencial para monitorear en tiempo real las condiciones climáticas. Geotécnicas Entrenamiento y capacitación el personal en la respuesta rápida y efectiva a las alertas emitidas, asegurando que las acciones necesarias se lleven a cabo en el menor tiempo posible.</li> </ul>
Objetivo	Mejorar la preparación y respuesta del proyecto frente a los impactos del cambio climático al proporcionar alertas tempranas sobre eventos climáticos extremos. Esto permite que la empresa tome medidas preventivas y correctivas para reducir los riesgos para la seguridad del personal, la integridad de la infraestructura y la continuidad de la producción.
Hipótesis de Adaptación	Se espera que la implementación de un sistema de alertas tempranas permita anticipar y responder de manera más efectiva a los eventos climáticos extremos, reduciendo así su vulnerabilidad y aumentando su capacidad de adaptación al cambio climático. Esto puede conducir a una menor frecuencia e impacto de los incidentes relacionados con el clima y a una mayor resiliencia operativa en general.
Meta	Hay que asegurar que al menos el 50% de las alertas generen una acción mitigadora en un periodo de 5 años.
Actividades principales para la implementación de la medida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviar reportes al área operativa de los boletines del clima emitidos por el IDEAM cuando se generen amenazas en subcuencas en alerta amarilla y roja.</li> <li>• Promover la obtención en 4 años la Instalación de sensores y estaciones meteorológicas cerca de las infraestructuras con algún tiempo de riesgo potencial para monitorear en tiempo real las condiciones climáticas. Geotécnicas Entrenamiento y capacitación el personal en la respuesta</li> </ul>

<b>Medida 5</b>	<b>Sistema de alertas tempranas</b>
<b>Clasificación de la medida de adaptación</b>	<b>Planeación, acciones y proyectos</b>
	rápida y efectiva a las alertas emitidas, asegurando que las acciones necesarias se lleven a cabo en el menor tiempo posible Realizar pruebas y simulacros de respuesta, evaluar la efectividad del sistema de alertas tempranas y realizar ajustes según sea necesario para mejorar su desempeño.
<b>Área de implementación</b>	La priorización se realizará inicialmente por el grado de importancia del elemento expuesto y el grado de amenaza tanto por el evento amenazante como el cambio proyectado en la precipitación y temperatura. <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Movimientos en Masa: En este caso los valores de amenaza que tienen mayor presencia en la infraestructura son bajo y muy bajo.</li> <li>➤ Inundación: En este caso los valores de amenaza que tienen mayor presencia en la infraestructura son bajo y muy bajo.</li> <li>➤ Incendio Cobertura Vegetal: <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Nivel muy alto de amenaza y nivel de importancia (3): Troncal Apiay – Ocoa y ECG Villavicencio</li> <li>◆ Nivel muy alto de amenaza y nivel de importancia (2): Ramal Villavicencio</li> <li>◆ Nivel alto de amenaza y nivel de importancia (1): Ramal Pompeya</li> </ul> </li> </ul>
<b>Plazo de implementación</b>	Mediano y largo plazo.

Fuente: Gradex Ingeniería S.A., enero 2025.

## 6 PASO 3. MONITOREO Y EVALUACIÓN

El proceso de monitoreo y evaluación a las medidas de adaptación planteadas es fundamental para evaluar el avance en la implementación de las medidas, además de ayudar a identificar retrasos y obstáculos en la ejecución de estas, permitiendo así realizar ajustes y correcciones de ser necesario, de tal forma que permita la toma de decisiones informadas para mejorar la implementación de cada medida.

### 6.1 BATERÍA DE INDICADORES DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Para la selección de los indicadores se toma como base las medidas propuestas planteadas en el apartado anterior y el documento de “Indicadores de adaptación al cambio climático y mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) para el seguimiento de la obligación de cambio climático” propuesto por el ANLA. Se realiza una ficha por cada medida planteada, en cada una de estas se encontrará información para la identificación descripción y alcance del indicador con el fin de dar seguimiento a las medidas planteadas (Tabla 35 a la Tabla 38).

**Tabla 35. Indicador medida de adaptación 1**

<b>Nombre del indicador</b>	Infraestructura resiliente
<b>Código del indicador</b>	Ind_adap_M1
<b>Identificación del indicador</b>	
<b>Tipo de indicador</b>	Efectividad
<b>Uso indicador</b>	Cualquier interacción de reacondicionamiento de la infraestructura hacia una infraestructura resiliente
<b>Periodicidad</b>	Anual
<b>Escala temporal de aplicación según el proyecto</b>	> 1 año
<b>Escala geográfica cálculo del indicador</b>	Trayectos del gasoducto en donde el nivel de amenaza total es Alto o Muy Alto
<b>Descripción del indicador</b>	
<b>Definición</b>	Mejorar la capacidad de las instalaciones para resistir y recuperarse de los impactos del cambio climático, minimizando así los riesgos operativos, económicos y ambientales asociados. Además, busca garantizar la seguridad del personal y la continuidad de las operaciones en un entorno cada vez más variable y extremo por medio de acciones que conlleven a la reducción de la vulnerabilidad.
<b>Fórmula de cálculo</b>	$IPR = \frac{PRE}{IE} \times 100$

	<b>IPR:</b> Número de instalaciones con planes de reacondicionamiento <b>PRE:</b> Número de planes de reacondicionamiento elaborados <b>IE:</b> Número total de instalaciones evaluadas
<b>Interpretación</b>	Valores cercanos al 100% indican el estado de avance en la aplicación de la medida.
<b>Alcance indicador</b>	
<b>Línea base</b>	Pendiente definir el año base y evaluar el valor del indicador.
<b>Meta</b>	Reacondicionar los elementos de la infraestructura bajo nivel de amenaza alto y muy alto, para aumentar su resiliencia ante cambio climático y eventos extremos.

Fuente: Gradex Ingeniería S.A., enero 2025.

**Tabla 36. Indicador medida de adaptación 2**

<b>Nombre del indicador</b>	<b>Planes de Gestión de Riesgo y Desastres</b>
<b>Código del indicador</b>	Ind_adap_M2
<b>Identificación del indicador</b>	
<b>Tipo de indicador</b>	Impacto
<b>Uso indicador</b>	Cualquier implementación y desarrollo para cada activo de la operación
<b>Periodicidad</b>	Anual
<b>Escala temporal de aplicación según el proyecto</b>	>1 año
<b>Escala geográfica cálculo del indicador</b>	Trayectos del gasoducto en donde el nivel de amenaza por inundación es muy alto.
<b>Descripción del indicador</b>	
<b>Definición</b>	Disponer de un Plan de Gestión de Riesgo y Desastres que alerta de las principales emergencias, a fin de proteger y aminorar daños a personas viajeras, edificios e infraestructuras. Éste se encuentra integrado en el marco de la senda de atención de emergencias. En este sentido, la implementación de los PGRD (Planes de Gestión de Riesgo y Desastres) está actualmente reduciendo las consecuencias de los impactos que generan diversas amenazas clave para ambas organizaciones como las precipitaciones extremas, las olas de calor en el territorio nacional.
<b>Fórmula de cálculo</b>	<b>Reducción del Índice de Riesgo de Desastres (IRD)</b>  <b>Reducción del IRD (%) = (IRD Inicial - IRD Final / IRD Inicial)×100</b>  <b>IRD Inicial:</b> Es el valor del Índice de Riesgo de Desastres antes de implementar las acciones del plan de gestión  <b>IRD Final:</b> Es el valor del Índice de Riesgo de Desastres después de la implementación del plan, medido en el mismo contexto y área geográfica.
<b>Interpretación</b>	Valores cercanos al 100% indican que la aplicación de la medida está implementándose a todos los activos de la operación
<b>Alcance indicador</b>	
<b>Línea base</b>	Pendiente definir el año base y evaluar el valor del indicador.
<b>Meta</b>	Implementar y desarrollar PGRD para todos los activos de la operación

Fuente: Gradex Ingeniería S.A., enero 2025.

**Tabla 37. Indicador medida de adaptación 4**

<b>Nombre del indicador</b>	Fortalecimiento de capacidades en cambio climático
<b>Código del indicador</b>	Ind_adap_M4
<b>Identificación del indicador</b>	
<b>Tipo de indicador</b>	Impacto
<b>Uso indicador</b>	Cualquier interacción de transferencia de conocimiento en el marco del fortalecimiento de capacidades en cambio climático a personal del proyecto.
<b>Periodicidad</b>	Anual
<b>Escala temporal de aplicación según el proyecto</b>	>1 año
<b>Escala geográfica cálculo del indicador</b>	Todo el proyecto
<b>Descripción del indicador</b>	
<b>Definición</b>	Este indicador buscar conocer el valor de conocimiento en cambio climático evaluado para las acciones del fortalecimiento de capacidades en cambio climático implementadas en temas de mitigación de GEI y adaptación al cambio climático dirigidas al personal del proyecto.

<b>Fórmula de cálculo</b>	<p align="center"><b>FortCapCC = (FortCapI – FortCapP / FortCapI) * 100</b></p> <p><b>FortCapCC</b> = Fortalecimiento de capacidades en cambio climático  <b>FortCapI</b> = Valor de conocimiento en cambio climático evaluado sin aplicación de herramientas de fortalecimiento de capacidades en cambio climático  <b>FortCapP</b> = Valor de conocimiento en cambio climático evaluado posterior a la implementación de herramientas de fortalecimiento de capacidades en cambio climático</p>
<b>Interpretación</b>	Valores mayores a 100% indican que el fortalecimiento de capacidades impacta a los individuos aplicados dejando conocimientos en cambio climático.
<b>Alcance indicador</b>	
<b>Línea base</b>	No aplica
<b>Meta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integrar consideraciones climáticas en los procesos estratégicos y operativos del proyecto.</li> <li>Lograr que el 100% del personal asociado al proyecto esté capacitado en cambio climático y sus impactos.</li> <li>Implementar un sistema de gestión de riesgos climáticos en todas las operaciones del proyecto.</li> </ul>

Fuente: Gradex Ingeniería S.A., enero 2025.

**Tabla 38. Indicador medida de adaptación 5**

<b>Nombre del indicador</b>	Sistema de alertas tempranas
<b>Código del indicador</b>	Ind adap M5
<b>Identificación del indicador</b>	
<b>Tipo de indicador</b>	Efectividad
<b>Uso indicador</b>	Implementación de un sistema de alertas tempranas
<b>Periodicidad</b>	Anual
<b>Escala temporal de aplicación según el proyecto</b>	>1 año
<b>Escala geográfica cálculo del indicador</b>	Todo el proyecto
<b>Descripción del indicador</b>	
<b>Definición</b>	El "Sistema de alertas tempranas" para el proyecto consiste en la implementación de tecnologías y protocolos que permiten detectar y monitorear eventos climáticos extremos con antelación. Esto puede incluir el uso de estaciones meteorológicas, satélites, modelos climáticos y sistemas de información geográfica para prever la ocurrencia de eventos climáticos adversos y emitir advertencias con suficiente tiempo para tomar medidas preventivas
<b>Fórmula de cálculo</b>	<p align="center"><b>%C = (TC/TTG)*100</b></p> <p><b>%C</b> = Cobertura del sistema de alertas  <b>TC</b> = Número de tramos cubiertos  <b>TTG</b> = Total de tramos del gasoducto</p>
<b>Interpretación</b>	Valores cercanos al 100 indican que el total de tramos del gasoducto está siendo cubierto
<b>Alcance indicador</b>	
<b>Línea base</b>	No aplica
<b>Meta</b>	Sistema de alertas tempranas que sea confiable, preciso y eficiente en la detección y notificación de eventos climáticos extremos relevantes para las operaciones del gasoducto

Fuente: Gradex Ingeniería S.A., enero 2025.

## 6.2 PLAN DE ACCIÓN PARA LAS MEDIDAS

Con el fin de definir una ruta clara para lograr los objetivos planteados, se definen tareas, responsables y plazos. El plan de acción planteado en el “Anexo 4. Plan de acción” busca garantizar los siguientes propósitos:

- Organización y Enfoque
- Seguimiento de Procesos

- Evitar Omisiones
- Flexibilidad y Adaptabilidad
- Comunicación y Alcance Compartido

Permitiendo así evaluar el progreso hacia esos objetivos y realizar ajustes según sea necesario, de igual manera se busca optimizar la eficiencia y productividad, evitando la repetición de esfuerzos y optimizando los recursos disponibles.

## 7 COMUNICACIÓN Y PARTICIPACIÓN

Con el fin de definir la gestión de las comunicaciones internas y externas relevantes para el Plan de Adaptación al Cambio Climático, se establece los contenidos, la periodicidad, los destinatarios, las personas responsables de la comunicación, así como los medios de esta. Asimismo, por medio de la divulgación y socialización del plan se busca promover la sensibilización frente al riesgo por cambio climático presente, la participación de diferentes actores, la corresponsabilidad social y la socialización de las medidas definidas.

La divulgación y socialización del Plan de Adaptación al Cambio Climático tendrá como objetivos:

- Informar y sensibilizar al personal relacionado con la operación del gasoducto sobre las amenazas y riesgos a los que está expuesto el proyecto, así como las medidas para lograr su disminución.
- Fortalecer las capacidades operacionales para afrontar los efectos de variabilidad y cambio climático, mediante la formación al personal.

### 7.1 POBLACIÓN OBJETIVO

El programa de divulgación y socialización del presente PACC, busca establecer espacios de comunicación dirigidos a los siguientes grupos de interés:

- Personal relacionado con la operación (directo y contratista): funcionarios del Centro Operacional de Gas del Distrito IV (Villavicencio).
- Entidades gubernamentales y entes de control: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (CORMACARENA).
- Comunidades de las veredas de los municipios por donde transcurre el gasoducto
- Junta directiva

### 7.2 SISTEMA DE COMUNICACIÓN

Con el fin de que la información llegue a los diferentes grupos de interés a tiempo y de manera correcta, que permitan difundir información clave sobre el plan de adaptación, como estrategias, medidas específicas, objetivos y logros, dentro de TGI se manejan los siguientes canales de comunicación.

#### 7.2.1 Canales Digitales Internos

- Cartelera informativa
- Boletines de noticias
- Videos

### 7.2.2 Canales Digitales Externos

- Redes sociales
- Boletines electrónicos
- Sitio web TGI

### 7.2.3 Espacios Formativos

- Grupos focales
- Seminarios
- Mesas de trabajo y conferencias

## 7.3 PROGRAMA DE DIVULGACIÓN

Estas socializaciones se realizarán bajo dos modalidades, a saber, presencial y virtual. Las socializaciones del plan se realizarán de manera presencial en aquellos sitios ubicados en el área de afectación directa del Sistema de Transporte y:

- Con una valoración de riesgo cuantitativo “Alto” o “Muy Alto” de acuerdo con los resultados de la valoración del riesgo presentados en el 4.4.2 del presente plan.
- Donde la vulnerabilidad del sistema sea valorada como alta según lo presentado en el numeral 4.3.3 del presente plan.
- Cuentan con requerimientos específicos de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) que solicitan socializaciones presenciales.

Por otra parte, las socializaciones del plan se realizarán de manera virtual en aquellos sitios con requerimiento de la ANLA que solicita esta actividad sin especificar la obligatoriedad de la presencialidad.

En la **Tabla 39** se plantea el programa de divulgación y socialización de este documento; será la Subdirección Ambiental de TGI el área encargada de la realización de estas jornadas de socialización, mediante talleres presenciales o virtuales con los funcionarios y aliados estratégicos, así como bajo las dos modalidades arriba descritas con las entidades municipales, con una duración máxima de 2 horas.

**Tabla 39. Programa de divulgación y socialización del PACC**

Población objetivo	Frecuencia	Temática
Personal relacionado con la operación (directo y contratista)	Una (1) actividad al año	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contexto del Cambio Climático.</li> <li>• Escenarios de riesgos por Cambio Climático y Variabilidad Climática.</li> <li>• Clasificación de amenazas.</li> <li>• Medidas de adaptación para el gasoducto</li> <li>• Procedimientos de monitoreo y evaluación para las medidas.</li> </ul>
Entidades gubernamentales y entes de control de los municipios en el área de afectación directa del Sistema de Transporte Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa	Según planeación definida anualmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escenarios de riesgos por Cambio Climático y Variabilidad Climática.</li> <li>• Clasificación de amenazas.</li> <li>• Medidas de adaptación para el gasoducto.</li> <li>• Procedimientos de monitoreo y evaluación para las medidas.</li> </ul>



## GESTIÓN SOCIO AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

### Plan de Adaptación al Cambio Climático Gasoducto Apiay - Villavicencio - Ocoa

Código:

Revisión: Final

Emisión: 24 - enero -  
2025

Población objetivo	Frecuencia	Temática
Junta Directiva	Una (1) actividad al año	<ul style="list-style-type: none"><li>• Contexto del Cambio Climático.</li><li>• Escenarios de riesgos por Cambio Climático y Variabilidad Climática.</li><li>• Clasificación de amenazas.</li><li>• Medidas de adaptación para el gasoducto.</li><li>• Procedimientos de monitoreo y evaluación para las medidas.</li></ul>
Comunidad en el área de afectación	Según planeación definida anualmente	<ul style="list-style-type: none"><li>• Contexto del Cambio Climático.</li><li>• Escenarios de riesgos por Cambio Climático y Variabilidad Climática.</li><li>• Clasificación de amenazas.</li></ul>

Fuente: Gradex Ingeniería S.A., enero 2025.