MISIONES

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

# PLAN DE ACCIÓN CLIMÁTICA

## *PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN DE OBRA BÁSICA, DESAGÜES Y PAVIMENTO EN EL ACCESO A LA LOCALIDAD DE FACHINAL RUTA PROVINCIAL Nº 205 – MISIONES"*

Programa de Servicios Agropecuarios de la Provincia de Misiones
(AR-L1438)

Versión Final – Julio 2026

Autora: Puchalski, Cecilia.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL ..... 1
INDICE DE TABLAS ..... 4
RESUMEN ..... 5
1. INTRODUCCIÓN ..... 7
1.2. Descripción del proyecto ..... 7
1.2.1. Descripción de la infraestructura vial ..... 7
1.2.2. Etapas: construcción, operación, mantenimiento ..... 8
1.3. Área de influencia climática del proyecto ..... 9
1.4. Objetivos del Plan ..... 10
1.4.1. Objetivo general ..... 10
1.4.2. Objetivos específicos ..... 10
1.5. Marco normativo e institucional ..... 11
2. MARCO CLIMÁTICO Y ESCENARIOS FUTUROS ..... 14
2.1. Tendencias climáticas históricas ..... 14
2.1.1. Temperaturas medias y extremas ..... 14
2.1.2. Precipitaciones medias y estacionales ..... 15
2.1.3. Precipitaciones extremas ..... 15
2.1.4. Otros eventos relevantes ..... 16
2.1.5. Síntesis de tendencias relevantes para el Plan de Acción Climática 16
2.2. Proyecciones ..... 16
2.2.1. Escenarios de Trayectorias Socioeconómicas Compartidas ..... 16
2.2.2. Proyecciones climáticas para el área del proyecto ..... 18
3. EVALUACIÓN INTEGRAL DE RIESGOS CLIMÁTICOS ..... 21
3.1. Amenazas climáticas relevantes ..... 21
3.2. Análisis de Exposición ..... 23
3.2.1. Infraestructura ..... 24

3.2.2. Usuarios ..... 24
3.2.3. Servicios críticos y entorno territorial ..... 24
3.3. Análisis de Vulnerabilidad ..... 25
3.4. Respuesta del Sistema y Capacidad de Adaptación ..... 26
3.4.1. Situación actual del sistema ..... 27
3.4.2. Brechas de adaptación ..... 27
3.4.3. Rol del proyecto en la mejora de la adaptación ..... 27
3.5. Riesgos por etapas del Proyecto ..... 28
3.5.1. Etapa de construcción ..... 28
3.5.2. Etapa de operación y mantenimiento ..... 29
4. ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN Y RESILIENCIA ..... 31
4.1. Matriz de riesgos climáticos ..... 31
4.2. Medidas de adaptación ..... 35
4.2.1. Medidas estructurales ..... 36
4.2.2. Medidas No Estructurales ..... 37
4.3. Plan de implementación y trazabilidad ..... 39
4.4. Integración y resultados esperados ..... 43
5. INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 44
5.1. Huella de Carbono ..... 44
5.2. Metodología ..... 44
5.3. Datos de Actividad y Factores de Emisión ..... 46
5.3.1. Etapa de Construcción ..... 46
5.3.2. Etapa de Operación ..... 46
5.4. Efecto sobre la Huella de Carbono en escenarios Business as Usual vs Escenario de Proyecto ..... 47
5.4.1. Escenario BAU: ..... 47
5.4.2. Escenario de Proyecto: ..... 47
5.5. Estimación de las Emisiones ..... 48
5.6. Enfoque general ..... 48

5.7. Supuestos generales del cálculo ..... 48
5.8. Emisiones en etapa de construcción ..... 49
5.8.1. Emisiones por combustión móvil ..... 49
5.9. Emisiones en etapa de operación ..... 51
5.9.1. Escenario sin proyecto (BAU) ..... 51
5.9.2. Escenario con proyecto ..... 51
5.9.3. Emisiones en mantenimiento ..... 52
5.10. Balance global del proyecto ..... 53
5.11. Nivel de incertidumbre ..... 53
6. MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE GEI ..... 54
6.1. Mitigación en construcción y mantenimiento ..... 54
6.2. Mitigación en operación ..... 55
6.3. Compensación ..... 55
6.4. Plan de implementación y trazabilidad ..... 56
6.5. Integración y resultados esperados ..... 58
7. ALINEACIÓN INSTITUCIONAL Y SINERGIAS ..... 59
7.1. Marco estratégico y alineación con políticas climáticas ..... 59
7.2. Articulación con programas e instrumentos existentes ..... 61
7.3. Coordinación interinstitucional y gobernanza ..... 62
7.4. Compatibilidad con Iniciativas de Carbono a Nivel Jurisdiccional ..... 63
8. SISTEMA DE MONITOREO E INDICADORES ..... 65
8.1. Estructura del sistema de indicadores ..... 65
8.2. Matriz de indicadores (KPIs) ..... 65
8.3. Implementación del sistema de monitoreo ..... 69
8.4. Herramientas de monitoreo ..... 69
8.5. Frecuencia y reporte ..... 70
8.6. Uso del sistema para la gestión adaptativa y climática ..... 71
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 73
BIBLIOGRAFÍA ..... 75

# INDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Síntesis de los principales escenarios utilizados en el AR6. Fuente: Elaboración propia a partir de (IPCC, 2021) .....17
Tabla 2 – Incremento proyectado de las precipitaciones extremas para las cuencas de aporte de la RP N° 205 .....19
Tabla 3 – Matriz de Riesgos Climáticos. .....33
Tabla 4 – Trazabilidad entre amenazas climáticas y respuestas de diseño. ..35
Tabla 5 – Tabla de implementación y trazabilidad de las medidas de adaptación. .....40
Tabla 6 – Factores de emisión sugeridos para el proyecto. .....46
Tabla 7 – Valores de PCI por tipo de combustible .....49
Tabla 8 – Emisiones de GEI por consumo de gasoil en maquinaria. .....49
Tabla 9 – Total de emisiones etapa constructiva .....50
Tabla 10 – Balance global de emisiones del proyecto .....53
Tabla 11 – Tabla de implementación y trazabilidad de las medidas de mitigación. .....56
Tabla 12 – Vinculación entre los ejes estratégicos del Plan Provincial de Respuesta al Cambio Climático y las medidas incorporadas en el Proyecto RP N° 205 .....60
Tabla 13 – Indicadores de adaptación. .....66
Tabla 14 – Indicadores de mitigación .....67

# RESUMEN

El presente Plan de Acción Climática tiene como objetivo integrar la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el proyecto de intervención sobre la RP 205 (RP 205), en el municipio de Fachinal, provincia de Misiones. El plan se basa en el análisis de tendencias históricas y proyecciones climáticas (AR6), así como en la evaluación de la exposición, vulnerabilidad y capacidad de respuesta del sistema vial y su entorno.

El diagnóstico identifica como principales amenazas climáticas el incremento en la frecuencia e intensidad de las precipitaciones extremas y de las inundaciones asociadas, las cuales generan riesgos vinculados a anegamientos recurrentes, interrupciones de la transitabilidad y deterioro de la infraestructura vial. A estas amenazas se suman los procesos de erosión e inestabilidad de suelos, las olas de calor —que afectan la durabilidad del pavimento y las condiciones operativas y de seguridad laboral— y, en menor medida, los vientos intensos y las sequías. Si bien las proyecciones climáticas no indican una disminución significativa de las precipitaciones medias anuales, el aumento de la variabilidad climática y la posible ocurrencia de períodos secos prolongados podrían generar restricciones temporales en la disponibilidad de agua para consumo humano, actividades productivas y usos vinculados a la construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura vial. Asimismo, se incorpora el análisis de los incendios como una amenaza indirecta asociada a condiciones de sequía y altas temperaturas, con potencial para afectar la seguridad vial, la cobertura vegetal y la integridad de la zona de camino.

El análisis de exposición evidencia que tanto la infraestructura vial como los usuarios y los servicios críticos (salud, educación y abastecimiento) presentan una alta dependencia de la RP 205, lo que amplifica los impactos ante eventos climáticos. En términos de vulnerabilidad, se identifican limitaciones estructurales —principalmente vinculadas a la capacidad hidráulica insuficiente— y funcionales, asociadas a la existencia de alternativas viales de baja capacidad y mayor longitud, que no garantizan niveles adecuados de servicio ni transitabilidad en condiciones adversas, pudiendo derivar en interrupciones o degradación significativa de la conectividad.

En este contexto, las principales medidas de adaptación se estructuran en dos categorías complementarias. Por un lado, medidas estructurales que se deberán ejecutar en etapa de construcción, como la adecuación de sistemas de drenaje, elevación de rasante en zonas críticas, estabilización de suelos y protección de taludes, orientadas a reducir la vulnerabilidad física. Por otro lado, medidas no estructurales en etapas de operación y mantenimiento, incluyendo sistemas de

monitoreo climático, protocolos de actuación ante eventos extremos, señalización preventiva, planes de desvío, mantenimiento intensivo de drenajes, control de vegetación y planes de respuesta post-evento, destinadas a fortalecer la capacidad de gestión y resiliencia del sistema.

En materia de mitigación, el plan identifica las principales fuentes de emisiones asociadas al proyecto, especialmente en la etapa de construcción (consumo de combustibles, transporte de materiales y uso de maquinaria). Se proponen medidas orientadas a la reducción de emisiones mediante la optimización logística, el uso eficiente de recursos, la mejora en prácticas constructivas y operativas, y la evaluación de alternativas de compensación. La selección de estas medidas considera su costo de implementación, potencial de reducción de emisiones y viabilidad técnica en el contexto local.

El plan se encuentra alineado con el Plan Provincial de Respuesta al Cambio Climático de Misiones (Disposición 853/2025), contribuyendo a ejes estratégicos como infraestructura resiliente, gestión del riesgo hídrico y reducción de emisiones. Además, se identifican sinergias con programas provinciales vinculados a la gestión hídrica, ordenamiento territorial y adaptación basada en ecosistemas.

Finalmente, si bien el proyecto incorpora un conjunto integrado de medidas estructurales y no estructurales orientadas a reducir la vulnerabilidad de la infraestructura frente a los riesgos climáticos identificados, persiste un riesgo residual asociado a eventos extremos cuya magnitud exceda las condiciones de diseño consideradas. Por lo tanto, estas acciones se complementan con un sistema de monitoreo, seguimiento e indicadores de desempeño que permite evaluar los avances en materia de adaptación y mitigación, incluyendo aspectos vinculados a la reducción de anegamientos, la continuidad del servicio, el estado de la infraestructura y la disminución de emisiones de GEI. Asimismo, se incorporan mecanismos de gobernanza climática que fortalecen la capacidad institucional para la gestión adaptativa del riesgo y la mejora continua del proyecto. En conjunto, estas herramientas permiten avanzar hacia un modelo de infraestructura vial resiliente al clima y baja en carbono, contribuyendo a la sostenibilidad de largo plazo y a la conectividad del territorio.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.2. Descripción del proyecto

### 1.2.1. Descripción de la infraestructura vial

Fachinal es una localidad y municipio argentino de la provincia de Misiones, ubicado dentro del departamento Capital. Se halla a una latitud de 27º 38' Sur y a una longitud de 55º 42' Oeste.

Fachinal es una zona de tierras pobres, por lo que su principal actividad económica es la ganadera, a diferencia del resto de la provincia donde la yerba mate cobra mucha más relevancia. Se encuentra en la intersección de las Rutas Provinciales N°204 y 205, ambas de tierra.

Los primeros pobladores llegaron a comienzos del siglo XX, y en 1942 fue formada la primera comisión de fomento, precursora del municipio. Debido a su escaso peso poblacional, la zona perdió el rango de municipio durante la última dictadura militar, aunque lo recobró con la democracia. A comienzos del siglo XXI la llegada de algunos servicios y el crecimiento de la horticultura destinada al consumo de la ciudad de Posadas están conformando un pequeño núcleo urbano.

Cuenta con un parque provincial homónimo que protege el fachinal (y que da nombre al pueblo) del lugar, rareza en la geografía de la provincia.

La RP 205 es un camino terrado que se desarrolla dentro del Municipio de Fachinal, Departamento Capital, Provincia de Misiones, entre la Ruta Nacional N°105 y la Ruta Provincial N°204, y que se constituye como el principal acceso a la localidad de Fachinal.

El inicio de la vía (Intersección con Ruta Nacional N°105) se encuentra a 25 km al sur de Posadas, la capital provincial, y el final del tramo (Intersección con Ruta Provincial N°204) a unos 10 km al sur de la localidad de Profundidad, localidad más cercana a Fachinal.

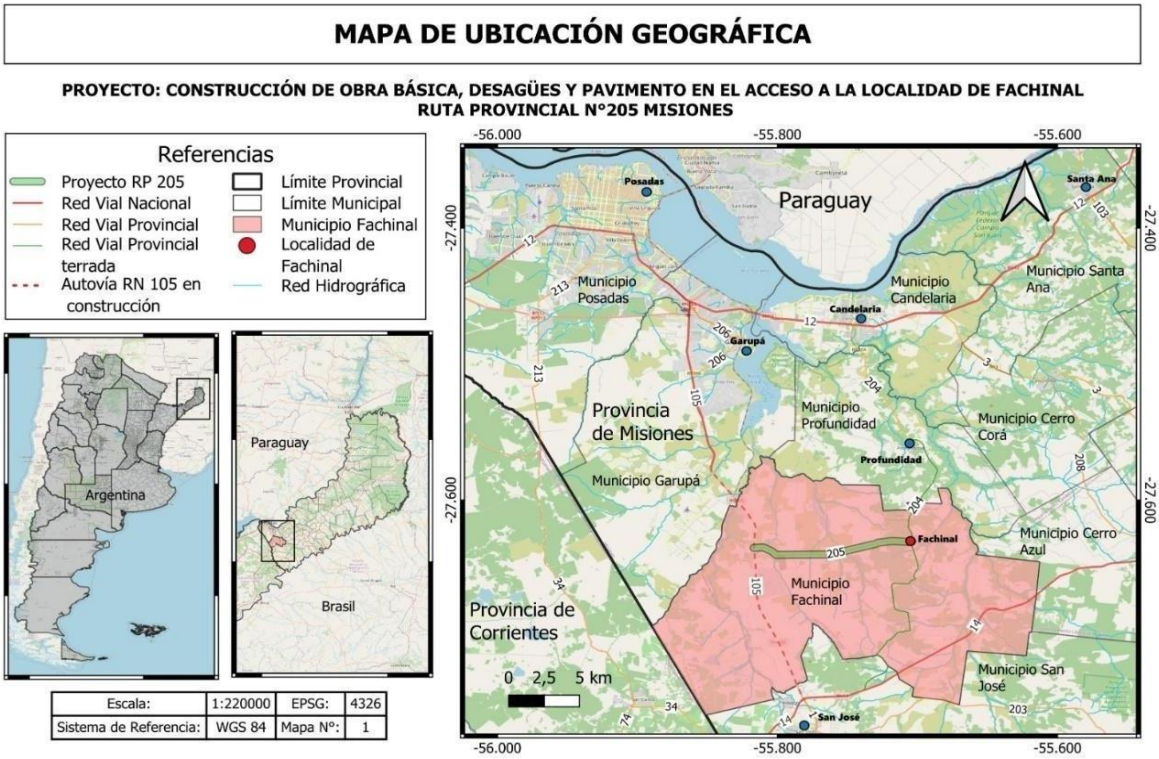
Así mismo el inicio de la RP 205, se encuentra a 21 km de la Ruta Nacional N°12 y a 14 km de la Ruta Nacional N°14, por medio de la Ruta Nacional N°105, ambas vías nacionales que conectan con la provincia de Corrientes y pasos fronterizos internacionales.

Se prevé la ejecución del movimiento de suelo (excavación y terraplén), así como la ejecución de desagües pluviales, los cuales existen actualmente, pero se deben adecuar a una recurrencia acorde a la nueva categoría de camino, así como el

empleo de un coeficiente de escorrentía consistente con el uso del suelo actual y futuro.

También se prevé la ejecución de una subbase granular de balasto, una base estabilizada granular y la capa asfáltica correspondiente.

En la intersección con la Ruta Nacional N° 105, no es necesaria la ejecución de obras, ya que la misma se resuelve mediante una rotonda ovalada ejecutada mediante el contrato de la autovía de la Ruta Nacional N° 105.




**Mapa 1 - Ubicación Geográfica del Proyecto de referencia.**

### 1.2.2. Etapas: construcción, operación, mantenimiento

Las etapas del proyecto comprenden la construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura vial, cada una con características y requerimientos específicos a lo largo de su ciclo de vida. La etapa de construcción corresponde a la ejecución física de la obra e incluye un conjunto de actividades orientadas a la transformación de la traza actual en una vía pavimentada con condiciones adecuadas de transitabilidad y seguridad. En esta fase se desarrollan tareas como la limpieza y preparación del terreno, el movimiento de suelos (excavaciones y terraplenes), la construcción y/o reemplazo de obras hidráulicas (alcantarillas, drenajes y estructuras en cruces de arroyos), la ejecución de la estructura de pavimento (base granular y carpeta asfáltica), así como la construcción de banquinas, veredas, dársenas y otros

elementos urbanos. Asimismo, se contempla la instalación de señalización vertical y horizontal, sistemas de contención e iluminación, junto con la adecuación de accesos y cruces de servicios.

Una vez finalizadas las obras y habilitada la infraestructura, se inicia la etapa de operación y mantenimiento, durante la cual la RP 205 entra en servicio y se desarrollan las acciones necesarias para garantizar su funcionamiento, conservación y transitabilidad a lo largo del tiempo. En esta etapa se materializan los beneficios del proyecto, mejorando la conectividad y accesibilidad del área de influencia, optimizando las condiciones de circulación y fortaleciendo la vinculación entre los distintos núcleos urbanos y productivos. También implica el funcionamiento de todos los sistemas asociados a la vía, como el drenaje pluvial, la señalización y la iluminación.

La operación comprende el uso cotidiano de la infraestructura por parte de vehículos y peatones, así como el funcionamiento de los sistemas asociados a la vía, incluyendo las obras de drenaje, la señalización y los dispositivos de seguridad vial. Por su parte, el mantenimiento se desarrolla de manera continua durante toda la vida útil del proyecto e incluye actividades de conservación preventiva y correctiva, tales como bacheo y repavimentación, limpieza y mantenimiento de cunetas, alcantarillas y demás obras hidráulicas, reposición de señalización y elementos de seguridad vial, control de la vegetación en la zona de camino y atención de eventuales afectaciones derivadas de eventos climáticos. Estas acciones resultan fundamentales para preservar las condiciones de servicio de la ruta, asegurar la funcionalidad de la infraestructura y sostener en el tiempo los beneficios generados por el proyecto.

## 1.3. Área de influencia climática del proyecto

El área de influencia climática del proyecto se define como el conjunto de espacios territoriales en los cuales las condiciones climáticas actuales y futuras pueden incidir sobre el desempeño de la infraestructura vial, ya sea de manera directa o indirecta. En función de la naturaleza del proyecto, esta área se estructura en tres niveles complementarios.

En primer lugar, el área de influencia directa comprende la traza de la RP 205 y sus componentes asociados —calzada, banquinas, taludes y obras de drenaje— así como su entorno inmediato. En este ámbito se manifiestan de manera directa los efectos de las amenazas climáticas, particularmente lluvias intensas, inundaciones y procesos de erosión, que generan anegamientos recurrentes y afectan la el nivel de servicio.

En segundo lugar, el área de influencia indirecta incluye el municipio de Fachinal y su red de accesos, considerando a los usuarios del sistema vial, las actividades productivas y los servicios que dependen de la operatividad de la RP 205. En este nivel, los impactos climáticos se expresan principalmente a través de la afectación de la conectividad, el acceso a servicios esenciales y la eficiencia del sistema de transporte.

Por último, el área de influencia climática ampliada abarca las cuencas hidrográficas y el entorno territorial que condicionan la dinámica hidrológica del proyecto. En este ámbito se generan los procesos de escorrentía, acumulación de agua y respuesta de cuencas que, ante eventos de precipitaciones intensas, inciden directamente en la ocurrencia de anegamientos sobre la traza. Este nivel resulta fundamental para comprender la génesis de las amenazas y para el diseño de medidas de adaptación adecuadas.

En conjunto, esta delimitación permite abordar el análisis climático de manera integral, considerando tanto los impactos directos sobre la infraestructura como los efectos sistémicos y territoriales asociados al cambio climático.

## 1.4. Objetivos del Plan

### 1.4.1. Objetivo general

Integrar consideraciones de cambio climático en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de la RP 205, con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, aumentar la resiliencia de la infraestructura y disminuir su vulnerabilidad frente a eventos climáticos actuales y futuros, garantizando la sostenibilidad del proyecto a lo largo de su ciclo de vida.

### 1.4.2. Objetivos específicos

#### *a. Mitigación*

- Identificar y gestionar las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al proyecto, promoviendo el uso eficiente de materiales, energía y combustibles durante todas las etapas de la obra.
- Incorporar criterios de eficiencia en el diseño y ejecución de la obra que contribuyan a reducir la huella de carbono de la infraestructura.

### *b. Adaptación y resiliencia*

- Evaluar la exposición y vulnerabilidad del proyecto frente a amenazas climáticas relevantes (precipitaciones intensas, eventos extremos, erosión, etc.) e incorporar medidas de adaptación en el diseño y ejecución de la obra.
- Fortalecer la capacidad de la infraestructura vial para resistir, absorber y recuperarse ante eventos climáticos adversos, especialmente en relación con el sistema de drenaje y estabilidad de taludes.

### *c. Gestión del riesgo climático*

- Integrar la gestión del riesgo climático en los instrumentos de planificación y gestión del proyecto, asegurando su incorporación en las etapas de construcción, operación y mantenimiento.
- Establecer medidas preventivas y correctivas que reduzcan la probabilidad de interrupciones del servicio por eventos climáticos extremos.

### *d. Monitoreo y gestión adaptativa*

- Definir indicadores y mecanismos de monitoreo que permitan evaluar el desempeño climático del proyecto y la efectividad de las medidas implementadas.
- Promover un enfoque de gestión adaptativa que permita ajustar las acciones en función de la evolución de las condiciones climáticas y del desempeño de la infraestructura.
- Incorporar capacidades técnicas y operativas en los actores responsables para la adecuada implementación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático.
- Promover la el fortalecimiento y la articulación institucional para la gestión climática del proyecto en el largo plazo.

## 1.5. Marco normativo e institucional

El Plan de Acción Climática del proyecto se inscribe en un marco normativo e institucional multinivel que abarca compromisos internacionales, legislación nacional, instrumentos estratégicos y normativa provincial, los cuales orientan la incorporación del cambio climático en el ciclo de vida de la obra.

En el plano internacional, el principal antecedente es el Acuerdo de París, adoptado en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCC, s.f.), al cual la República Argentina adhiere. Este acuerdo establece el compromiso de limitar el aumento de la temperatura global y promover un desarrollo resiliente y bajo en emisiones de gases de efecto invernadero. En este contexto, los países presentan sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) como instrumentos centrales de planificación climática.

En línea con ello, Argentina ha actualizado su NDC, estableciendo metas de mitigación más ambiciosas y reforzando el componente de adaptación, con énfasis en sectores estratégicos como la infraestructura. Complementariamente, el país ha desarrollado la Estrategia de Desarrollo Resiliente con Bajas Emisiones a Largo Plazo (ELP), que define una trayectoria hacia la carbono-neutralidad a mediados de siglo, promoviendo la incorporación de criterios de eficiencia, sostenibilidad y resiliencia en obras públicas. Estos instrumentos refuerzan la necesidad de que los proyectos viales integren medidas que reduzcan emisiones y aumenten su capacidad de adaptación frente a escenarios climáticos futuros. (Subsecretaría de Ambiente de la Nación, 2026)

En concordancia con estos compromisos, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) incorpora el cambio climático como eje transversal a través de su Marco de Política Ambiental y Social (MPAS) (Banco Interamericano de Desarrollo, 2021), el cual exige la identificación y gestión de riesgos climáticos, la incorporación de medidas de adaptación y resiliencia, y la promoción de eficiencia en el uso de recursos y reducción de emisiones en los proyectos financiados.

A nivel nacional, el marco rector está dado por la Ley Nacional N° 27.520 de Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático Global, que establece los lineamientos para la política climática y promueve la integración del cambio climático en la planificación sectorial. Como instrumento operativo, el Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019) define medidas concretas para sectores como infraestructura, orientadas a reducir la vulnerabilidad y fortalecer la resiliencia frente a eventos extremos.

En el ámbito provincial, Misiones ha avanzado en la institucionalización de la política climática mediante instrumentos específicos. La Disposición N° 853/2025 de la Subsecretaría de Ambiente de la Nación convalida el Plan de Respuesta Provincial al Cambio Climático, en el que se establecen lineamientos para la incorporación del cambio climático en proyectos de inversión pública, incluyendo la evaluación de riesgos climáticos y la definición de medidas de adaptación y mitigación. A su vez, el Plan de Respuesta define prioridades estratégicas, líneas de acción e indicadores para la gestión climática a nivel jurisdiccional, promoviendo la articulación de proyectos de infraestructura con las estrategias provinciales de resiliencia.

El Plan de Acción Climática se articula operativamente con el Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS) del proyecto, integrando la dimensión climática dentro de los instrumentos de gestión existentes y asegurando la implementación de medidas a lo largo de las etapas de construcción, operación y mantenimiento. Asimismo, se enmarca en la normativa ambiental general aplicable, incluyendo la Ley General del Ambiente N° 25.675 y la Ley XVI N° 35 de Evaluación de Impacto Ambiental de la Provincia de Misiones.

# 2. MARCO CLIMÁTICO Y ESCENARIOS FUTUROS

## 2.1. Tendencias climáticas históricas

El análisis de las tendencias climáticas históricas constituye un insumo clave para comprender la evolución reciente del clima en el área del proyecto y contextualizar las proyecciones futuras utilizadas en el presente Plan de Acción Climática. A tal efecto, se tomó como referencia la información desarrollada en la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (TCN) (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2014), que analiza la evolución de variables climáticas en Argentina para el período 1960–2010.

La provincia de Misiones se inscribe dentro de la denominada región Húmeda, caracterizada por elevados niveles de precipitación y una dinámica climática fuertemente influenciada por procesos regionales. A continuación, se sintetizan las principales tendencias observadas para las variables climáticas más relevantes.

### 2.1.1. Temperaturas medias y extremas

En términos generales, la región Húmeda de Argentina ha experimentado un proceso de calentamiento durante la segunda mitad del siglo XX, con un aumento promedio de la temperatura media anual del orden de 0,4°C entre 1950 y 2010, valor inferior al promedio global continental para el mismo período. En más de la mitad de la región, este incremento superó los 0,5°C.

Para la provincia de Misiones, si bien el aumento de la temperatura media anual no es uniforme, se observan incrementos de hasta 0,5°C en el sector noreste, evidenciando una tendencia al calentamiento regional.

Al analizar las componentes de la temperatura:

- La temperatura mínima media muestra un aumento significativo en gran parte de la provincia, superior a 0,5°C, especialmente en las zonas centro y norte.
- En contraste, la temperatura máxima media presenta una tendencia más estable, e incluso una disminución en sectores del sur provincial (del orden de -0,5°C), fenómeno que se asocia a cambios en el régimen de precipitaciones.

En cuanto a los extremos térmicos, los cambios observados son consistentes con el proceso de calentamiento y presentan implicancias relevantes:

- Disminución significativa en el número de días con heladas, las cuales prácticamente han desaparecido en zonas bajas.
- Incremento marcado en la frecuencia de noches tropicales (temperaturas mínimas superiores a 20°C), con aumentos del orden del 30%.
- Aumento en la frecuencia y duración de olas de calor, especialmente a partir de la década de 1990.
- Incremento en el valor mínimo anual de temperatura, indicando noches más cálidas.
- Disminución del valor máximo anual de temperatura extrema, posiblemente asociada al aumento de la humedad y nubosidad.

Por lo tanto, estas tendencias evidencian un cambio hacia un régimen térmico más cálido, con mayor incidencia de extremos asociados a altas temperaturas.

### 2.1.2. Precipitaciones medias y estacionales

La región Húmeda de Argentina se destaca a nivel global por haber experimentado uno de los mayores incrementos en precipitación durante la segunda mitad del siglo XX. En este contexto, se observa un aumento general de las precipitaciones anuales entre 1950 y 2005, tendencia que también se verifica en la zona de Corrientes-Misiones.

A nivel estacional, los cambios presentan un patrón definido:

- Incremento de las precipitaciones durante el período cálido (primavera y verano).
- Disminución o estabilidad durante el invierno.

Estos cambios implican una modificación en la distribución intra-anual de las lluvias, con posibles efectos sobre los procesos hidrológicos.

### 2.1.3. Precipitaciones extremas

En relación con los eventos extremos de precipitación, los resultados muestran tendencias mixtas pero relevantes desde la perspectiva del riesgo climático. Si bien la precipitación diaria máxima anual presenta una leve disminución, se observa un incremento en la precipitación acumulada asociada a eventos intensos (percentil 95) y en la precipitación máxima registrada durante períodos consecutivos de varios días. Además, se evidencia una disminución en la duración de los períodos secos, lo que indica una mayor recurrencia de eventos de precipitación.

Aunque esta tendencia podría sugerir una menor ocurrencia de sequías desde una perspectiva histórica, la creciente variabilidad climática observada en la región y los episodios recientes de sequía meteorológica e hidrológica registrados en la

provincia de Misiones ponen de manifiesto la necesidad de considerar este fenómeno como una amenaza relevante para la gestión operativa del proyecto. En conjunto, aun cuando algunas de las tendencias identificadas no resultan estadísticamente significativas, los resultados sugieren una evolución hacia un régimen hidrológico caracterizado por una mayor concentración de las precipitaciones en eventos intensos, consistente con los patrones observados a escala regional.

### 2.1.4. Otros eventos relevantes

Adicionalmente, estudios complementarios evidencian un aumento en la frecuencia de eventos de granizo en la región noreste argentina, incluyendo la provincia de Misiones, con una tendencia creciente entre 1960 y 2010, aunque con alta variabilidad interanual.

### 2.1.5. Síntesis de tendencias relevantes para el Plan de Acción Climática

En el contexto del Plan de Acción Climática, las tendencias históricas observadas permiten identificar los siguientes procesos relevantes:

- Incremento de la temperatura media, especialmente en temperaturas mínimas.
- Aumento en la frecuencia de extremos térmicos cálidos (noches tropicales, olas de calor).
- Incremento general de las precipitaciones, particularmente en estaciones cálidas.
- Mayor concentración de lluvias en eventos intensos.
- Reducción de períodos secos y cambios en la dinámica hidrológica.
- Incremento en la ocurrencia de eventos severos como granizo.

Estas tendencias constituyen una evidencia empírica de los cambios climáticos en curso en la región y proporcionan una base sólida para la interpretación de las proyecciones futuras y la definición de medidas de adaptación en el marco del presente Plan de Acción Climática.

## 2.2. Proyecciones

### 2.2.1. Escenarios de Trayectorias Socioeconómicas Compartidas

Los Escenarios de Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP, por sus siglas en inglés) constituyen el marco de referencia utilizado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en el Sexto Informe

de Evaluación (AR6) (IPCC, 2021) para analizar la evolución futura del clima. Estos escenarios combinan supuestos sobre el desarrollo socioeconómico global (crecimiento poblacional, desarrollo económico, uso de la energía, cambios tecnológicos y políticas climáticas) con trayectorias de emisiones de gases de efecto invernadero, permitiendo evaluar distintos niveles de calentamiento global y sus posibles impactos.

Los SSP se estructuran en cinco narrativas principales que representan diferentes futuros posibles, desde escenarios sostenibles con bajas emisiones hasta escenarios intensivos en combustibles fósiles. Cada uno de estos escenarios se asocia a una trayectoria de concentración de gases de efecto invernadero, expresada en términos de forzamiento radiativo hacia finales de siglo (medido en W/m²), lo que permite estimar el aumento de la temperatura media global.

Los principales escenarios considerados por el IPCC se resumen en la Tabla 1.

**Tabla 1 – Síntesis de los principales escenarios utilizados en el AR6. Fuente: Elaboración propia a partir de (IPCC, 2021)**

| Escenario SSP | Denominación | Características principales | Nivel de emisiones | Calentamiento estimado a 2100* |
|---|---|---|---|---|
| SSP1-1.9 | Sostenibilidad (muy bajas emisiones) | Desarrollo sostenible, fuerte acción climática, transición energética acelerada | Muy bajo | ~1,5 °C |
| SSP1-2.6 | Sostenibilidad (bajas emisiones) | Políticas climáticas activas, reducción significativa de emisiones | Bajo | ~1,8 °C |
| SSP2-4.5 | Camino intermedio | Tendencias actuales sin cambios drásticos | Intermedio | ~2,7 °C |
| SSP3-7.0 | Rivalidad regional | Bajo desarrollo, alta fragmentación global, escasa cooperación climática | Alto | ~3,6 °C |
| SSP5-8.5 | Desarrollo intensivo en combustibles fósiles | Crecimiento económico acelerado basado en uso intensivo de energía fósil | Muy alto | ~4,4 °C |

*Valores aproximados respecto del período preindustrial, según rangos reportados por el IPCC AR6.

Para el análisis específico de la RP 205 se utilizaron seis modelos climáticos globales de última generación (CMIP6), considerando los escenarios SSP1-2.6, SSP2-4.5 y SSP5-8.5, representativos de trayectorias de bajas, medias y altas emisiones. Los resultados obtenidos permitieron evaluar los efectos potenciales del

cambio climático sobre las variables climáticas relevantes para el diseño, operación y mantenimiento de la infraestructura vial.

### 2.2.2. Proyecciones climáticas para el área del proyecto

En el marco del presente Plan de Acción Climática, las proyecciones climáticas constituyen un insumo fundamental para la identificación de amenazas y la definición de medidas de adaptación orientadas a mejorar la resiliencia de la infraestructura vial a lo largo de su ciclo de vida.

Para ello, el análisis se estructuró a partir de proyecciones desarrolladas a escala nacional y regional, basadas en la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (TCN) (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2014) y en las actualizaciones del Sistema de Mapas de Riesgo del Cambio Climático (SIMARCC) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020). Sobre este marco general, el análisis específico para la RP 205 incorporó el estudio hidrológico y de modelación climática desarrollado por Leandro Kazimierski (2026). Dicho trabajo técnico se destaca por la aplicación de modelos globales de última generación (CMIP6) combinados con técnicas de regionalización (*downscaling*) de alta resolución para las cuencas de aporte bajo distintos escenarios de Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP). La adopción de esta metodología específica —la cual está siendo transferida activamente a los equipos técnicos de la Dirección Provincial de Vialidad (DPV) mediante procesos de capacitación institucional— resulta fundamental para el proyecto: al proveer proyecciones locales acotadas y de mayor precisión, constituye el sustento técnico definitivo que justificó la modificación y optimización de las obras hidráulicas y de ingeniería civil.

Las proyecciones climáticas desarrolladas para la provincia de Misiones y complementadas mediante el estudio específico realizado para la RP 205 coinciden en señalar una tendencia sostenida al aumento de las temperaturas y a una mayor intensidad de los eventos de precipitación extrema durante el siglo XXI.

En relación con la temperatura, los escenarios analizados muestran un incremento progresivo de la temperatura media regional asociado al aumento de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero. La Consultoría en Hidrología y Cambio Climático de la RP 205 consideró los escenarios SSP1-2.6, SSP2-4.5 y SSP5-8.5, los cuales proyectan incrementos de temperatura de 1,2 ± 0,3 °C, 1,84 ± 0,48 °C y 2,76 ± 0,5 °C, respectivamente. Estos aumentos se encuentran asociados a una mayor frecuencia e intensidad de eventos extremos de calor, incluyendo olas de calor más prolongadas, aumento de las temperaturas máximas diarias y una mayor ocurrencia de noches cálidas.

Las proyecciones desarrolladas en el marco de la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (TCN) para la región Húmeda indican que, bajo los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 (los cuales actualizan y dan continuidad a los antiguos escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 del AR5, alineándose con las proyecciones CMIP6 utilizadas en este plan), tanto para el futuro cercano como para el futuro lejano, los cambios proyectados en la precipitación media anual son relativamente reducidos, con variaciones comprendidas principalmente entre 0 % y 10 %. En algunos sectores aislados incluso se proyectan leves disminuciones. En consecuencia, no se esperan modificaciones sustanciales en los valores medios de precipitación anual para la provincia de Misiones durante el presente siglo.

No obstante, el análisis del conjunto de modelos climáticos muestra una tendencia hacia aumentos moderados de las precipitaciones en la región Mesopotámica, mientras que algunos escenarios proyectan incrementos superiores al 10 % e incluso mayores hacia finales de siglo. De manera complementaria, se identifican variaciones estacionales en los patrones de precipitación, con aumentos proyectados durante el otoño y reducciones localizadas durante algunos meses de primavera, evidenciando una creciente variabilidad climática.

Más allá de los cambios en los valores medios, las proyecciones muestran una señal más robusta respecto al comportamiento de los eventos extremos. En particular, se proyecta un incremento de la precipitación acumulada asociada a eventos intensos en gran parte de la región Húmeda. Por otra parte, algunos escenarios muestran una tendencia al aumento de la duración de los períodos secos en sectores del norte argentino, incluyendo áreas de la provincia de Misiones.

A escala local, la Consultoría en Hidrología y Cambio Climático de la RP 205 confirma y profundiza estas tendencias para las cuencas que aportan al proyecto. Los resultados muestran un incremento consistente en la intensidad de las precipitaciones extremas respecto del período histórico. Los factores de aumento estimados varían entre aproximadamente 9 % y 27 %, dependiendo del escenario climático y del período de retorno considerado.

**Tabla 2 – Incremento proyectado de las precipitaciones extremas para las cuencas de aporte de la RP N° 205**

| Escenario | TR 2 años | TR 5 años | TR 10 años | TR 25 años | TR 50 años | TR 100 años |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **SSP1-2.6** | 8,98% | 12,15% | 13,57% | 14,97% | 15,87% | 16,75% |
| **SSP2-4.5** | 8,80% | 12,41% | 15,27% | 19,49% | 23,10% | 27,13% |
| **SSP5-8.5** | 10,54% | 14,75% | 17,21% | 20,19% | 22,41% | 24,69% |

Estas tendencias indican una creciente variabilidad climática, caracterizada por una mayor alternancia entre períodos húmedos y secos y una mayor frecuencia de eventos hidrometeorológicos extremos. Como consecuencia, aumentan los riesgos asociados a inundaciones, erosión hídrica, socavación de obras de drenaje, inestabilidad de taludes y cortes temporales de transitabilidad, factores que podrían afectar el desempeño y la resiliencia de la infraestructura vial durante su vida útil.

Adicionalmente, se reconoce como amenaza potencial el incremento en la intensidad de los vientos, de acuerdo con lo señalado en instrumentos nacionales de planificación climática, aspecto que resulta relevante para la operación y mantenimiento de la infraestructura.

En conjunto, las proyecciones climáticas indican que la principal amenaza para la infraestructura vial del proyecto se encuentra asociada al aumento de la intensidad de las precipitaciones extremas y de los caudales de escorrentía, mientras que el incremento de las temperaturas y de los eventos extremos de calor podría generar mayores exigencias operativas y de mantenimiento.

# 3. EVALUACIÓN INTEGRAL DE RIESGOS CLIMÁTICOS

El análisis se estructura siguiendo un enfoque de riesgo climático basado en la interacción entre amenazas, exposición y vulnerabilidad, en línea con metodologías internacionales de evaluación de riesgos.

La evaluación integral de los riesgos climáticos asociados al proyecto se desarrolla a partir del análisis sistemático de las amenazas climáticas relevantes, la exposición de los componentes del sistema vial y su nivel de vulnerabilidad frente a condiciones actuales y futuras. Este enfoque permite comprender de manera estructurada cómo los fenómenos climáticos pueden afectar el desempeño de la infraestructura y su funcionalidad a lo largo de su ciclo de vida.

Adicionalmente, se incorpora el análisis de la respuesta del sistema y su capacidad de adaptación, con el objetivo de identificar fortalezas, limitaciones y brechas en la resiliencia del sistema vial frente a eventos climáticos.

Finalmente, se evalúan los riesgos específicos en las distintas etapas del proyecto —construcción, operación y mantenimiento— considerando tanto impactos físicos como operativos.

## 3.1. Amenazas climáticas relevantes

A partir de las tendencias climáticas históricas y de las proyecciones futuras analizadas —que indican un incremento de las temperaturas, una intensificación de los eventos extremos de precipitación, una mayor variabilidad climática y un potencial aumento en la intensidad de los vientos— se identifican las principales amenazas climáticas que pueden afectar el desempeño del proyecto durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento. Estas amenazas se manifiestan a través de impactos que surgen de la interacción entre las condiciones climáticas y los componentes físicos y funcionales de la infraestructura vial.

El proyecto se emplaza en un tramo donde se han registrado interrupciones recurrentes del tránsito debido a eventos de inundación, lo que evidencia una condición preexistente de alta exposición y sensibilidad. En este contexto, las amenazas climáticas no solo representan riesgos futuros, sino que también reflejan problemáticas actuales asociadas principalmente a limitaciones en la capacidad hidráulica de la infraestructura.

Entre las amenazas identificadas, las precipitaciones extremas constituyen el factor de mayor nivel de riesgo. Su creciente frecuencia e intensidad generan excesos hídricos superficiales, saturación de suelos, incremento de la escorrentía y sobrecarga

de los sistemas de drenaje, actuando como el principal desencadenante de los anegamientos observados en el tramo. En estrecha relación, las inundaciones se presentan como una manifestación directa de estas precipitaciones, afectando la calzada, las banquinas y las obras hidráulicas, y provocando interrupciones en la transitabilidad. Dada su recurrencia y su impacto directo sobre la funcionalidad del sistema vial, ambas amenazas se consideran críticas para el proyecto.

Los procesos de erosión, socavación e inestabilidad de taludes constituyen otra amenaza relevante, particularmente en contextos de precipitaciones intensas y saturación de suelos. Estos fenómenos pueden generar pérdida de material, degradación de banquinas y terraplenes, caída de material sobre la calzada y afectación de la estabilidad estructural de la infraestructura, con consecuencias directas sobre la seguridad vial y los costos de mantenimiento.

Las sequías y períodos secos representan una amenaza climática de relevancia moderada en el área de influencia del proyecto. Si bien su nivel de riesgo relativo es inferior al asociado a los excesos hídricos, el aumento de la variabilidad climática podría favorecer la ocurrencia de períodos secos prolongados con efectos ambientales, sociales y operativos. La alternancia entre períodos secos y eventos de precipitaciones intensas puede incrementar la susceptibilidad a procesos erosivos y a la degradación superficial de taludes y banquinas. Asimismo, los antecedentes recientes de sequía meteorológica e hidrológica registrados en la provincia de Misiones evidencian la posibilidad de disminuciones temporales en los caudales superficiales y en la disponibilidad de agua almacenada en perforaciones y reservorios.

Considerando que gran parte de la población rural y de las actividades productivas del área depende de perforaciones individuales y captaciones locales, una prolongación de los períodos secos podría afectar la disponibilidad de agua para consumo humano, uso pecuario y actividades económicas. Durante la etapa constructiva, esta situación podría generar restricciones para la obtención de agua destinada al control de polvo, preparación de materiales y otras actividades de obra, mientras que durante la operación podría afectar indirectamente a las comunidades usuarias de la infraestructura vial.

En este contexto, los incendios constituyen una amenaza secundaria asociado a condiciones de sequía prolongada y altas temperaturas. Si bien no representan una amenaza climática primaria para la infraestructura vial, pueden generar impactos indirectos relevantes, tales como la pérdida de cobertura vegetal estabilizadora, el aumento de la susceptibilidad a procesos erosivos, la afectación de la seguridad vial por presencia de humo o reducción de visibilidad, y eventuales restricciones a la circulación o necesidades adicionales de mantenimiento.

Por otra parte, el incremento de la temperatura media y de los extremos térmicos favorece una mayor frecuencia e intensidad de olas de calor. Aunque sus efectos suelen manifestarse de manera más gradual que los asociados a lluvias e inundaciones, estas condiciones pueden acelerar el deterioro de los materiales, particularmente del pavimento, y afectar las condiciones operativas y de seguridad laboral durante las etapas de construcción y mantenimiento.

Finalmente, los vientos intensos constituyen una amenaza adicional de carácter principalmente operativo, con potencial para provocar la caída de árboles o ramas sobre la calzada, afectar la señalización vial y reducir las condiciones de seguridad para los usuarios, especialmente cuando se presentan en combinación con tormentas severas.

En conjunto, estas amenazas evidencian que el cambio climático introduce condiciones cada vez más exigentes para el diseño, la construcción y la gestión de la infraestructura vial. Se destacan particularmente las amenazas hidrometeorológicas —lluvias intensas, inundaciones y procesos de erosión asociados— como factores críticos para el desempeño de la RP 205, complementadas por amenazas de evolución más gradual o indirecta, como las olas de calor, las sequías, las restricciones temporales en la disponibilidad de agua y los incendios asociados.

En este contexto, el proyecto se configura como una intervención clave de adaptación, orientada a reducir tanto los riesgos actuales como los proyectados, aunque sin eliminarlos completamente.

## 3.2. Análisis de Exposición

La exposición del proyecto se refiere al conjunto de elementos físicos, funcionales y territoriales localizados en el área de influencia que pueden verse afectados por las amenazas climáticas identificadas, principalmente precipitaciones extremas, inundaciones, procesos erosivos y otros eventos hidrometeorológicos. La exposición considera tanto la infraestructura vial como los usuarios de la vía, los servicios críticos dependientes del sistema vial y los elementos del entorno territorial que interactúan con la obra.

La RP 205 se emplaza en un sector donde históricamente se han registrado eventos de inundación y anegamiento que afectan la transitabilidad. En este contexto, la infraestructura, los usuarios y los servicios vinculados al corredor vial se encuentran expuestos a amenazas climáticas actuales y futuras, cuya intensidad podría incrementarse bajo escenarios de cambio climático.

### 3.2.1. Infraestructura

La RP 205, principal acceso al municipio de Fachinal, presenta un elevado nivel de exposición a amenazas hidrometeorológicas debido a su localización en un entorno caracterizado por la presencia de cursos de agua, sectores topográficamente bajos y áreas con susceptibilidad a la acumulación temporal de excedentes hídricos.

Los principales componentes de la infraestructura vial —calzada, banquinas, taludes, terraplenes y sistemas de drenaje— se encuentran expuestos a fenómenos tales como:

- Lluvias intensas y eventos extremos de precipitación.
- Inundaciones y anegamientos.
- Incremento de escorrentías superficiales.
- Procesos de erosión e inestabilidad asociados a eventos hidrometeorológicos.

La dinámica climática e hidrológica de la región, caracterizada por precipitaciones abundantes y concentradas en determinados períodos, determina una exposición significativa de la infraestructura vial frente a estos fenómenos.

### 3.2.2. Usuarios

Los usuarios de la RP 205 se encuentran expuestos a los efectos de eventos climáticos extremos que puedan afectar las condiciones de transitabilidad y seguridad vial.

Durante episodios de inundación, anegamiento o deterioro temporal de la infraestructura, los usuarios pueden experimentar interrupciones en sus desplazamientos, incrementos en los tiempos de viaje y restricciones operativas que afectan la movilidad cotidiana y el transporte de bienes y servicios.

La exposición de los usuarios se encuentra directamente asociada a la utilización del corredor vial y a su localización dentro del área potencialmente afectada por las amenazas climáticas identificadas.

### 3.2.3. Servicios críticos y entorno territorial

Los servicios críticos localizados dentro del área de influencia del proyecto —incluyendo establecimientos de salud, instituciones educativas, actividades productivas y servicios de emergencia— se encuentran expuestos a las consecuencias derivadas de afectaciones sobre la infraestructura vial ocasionadas por eventos climáticos extremos.

Asimismo, diversos elementos del entorno territorial forman parte del sistema expuesto a las amenazas climáticas, entre ellos:

- Cursos de agua que pueden experimentar modificaciones temporales en sus caudales y niveles durante eventos extremos.
- Suelos susceptibles a saturación hídrica y procesos erosivos.
- Cobertura vegetal asociada a taludes, márgenes de la vía y áreas adyacentes.
- Áreas rurales y actividades productivas que dependen de la conectividad proporcionada por la RP 205.

Por lo tanto, la exposición se considera elevada debido a la presencia de infraestructura estratégica, usuarios y servicios esenciales localizados dentro del área potencialmente afectada por las amenazas climáticas identificadas.

## 3.3. Análisis de Vulnerabilidad

La vulnerabilidad del proyecto se refiere al grado en que la infraestructura vial, los usuarios y los servicios asociados pueden verse afectados por las amenazas climáticas identificadas, en función de sus características físicas, condiciones de diseño, estado actual, nivel de dependencia funcional y capacidad de respuesta frente a dichas amenazas. Este análisis considera además la interacción entre el cambio climático y los riesgos ambientales y sociales existentes, evaluando de qué manera las condiciones climáticas pueden incrementar la sensibilidad del sistema y amplificar sus efectos potenciales.

En la situación actual, la RP 205 presenta una vulnerabilidad elevada frente a eventos hidrometeorológicos, particularmente precipitaciones intensas e inundaciones. Esta condición se encuentra asociada principalmente a limitaciones en la capacidad hidráulica de la infraestructura existente, evidenciadas por la recurrencia de anegamientos e interrupciones de la transitabilidad registradas en el tramo. Asimismo, la interacción de la traza con sectores bajos y áreas próximas a cursos de agua incrementa su susceptibilidad frente a excedentes hídricos y favorece la ocurrencia de afectaciones funcionales durante eventos de lluvia intensa.

Desde el punto de vista físico, la vulnerabilidad de la infraestructura está determinada por las características de sus distintos componentes. Las obras de drenaje constituyen elementos particularmente sensibles, dado que una capacidad insuficiente o una pérdida de eficiencia operativa pueden favorecer la acumulación de agua sobre la calzada. Asimismo, las banquinas, taludes y terraplenes presentan susceptibilidad a procesos de erosión, socavación e inestabilidad cuando se producen condiciones de saturación hídrica. Por su parte, la estructura del pavimento puede

verse afectada por la acción combinada de la humedad, las variaciones térmicas y las altas temperaturas, acelerando procesos de deterioro y reduciendo su vida útil.

La vulnerabilidad funcional del proyecto se encuentra asociada al rol estratégico que cumple la RP 205 en la conectividad territorial. Dado que constituye el principal acceso al municipio de Fachinal, existe una elevada dependencia de la infraestructura para la movilidad de personas, el transporte de bienes y el acceso a servicios esenciales, incluyendo salud, educación y atención de emergencias. La limitada redundancia de alternativas viales incrementa la sensibilidad del sistema frente a eventuales afectaciones de la transitabilidad. Si bien existe una alternativa de conectividad a través de la RP 204, ésta presenta menores niveles de eficiencia funcional para determinados recorridos, por lo que la redundancia del sistema continúa siendo limitada.

Desde el punto de vista social y ambiental, la vulnerabilidad también se encuentra vinculada a las características del área de influencia. En sectores rurales, gran parte de la población y de las actividades productivas dependen de perforaciones individuales y captaciones locales para su abastecimiento de agua, lo que incrementa la sensibilidad frente a períodos prolongados de déficit hídrico. Asimismo, la estabilidad de taludes y suelos depende en parte de la cobertura vegetal existente, por lo que su degradación por erosión, sequías o incendios puede aumentar la susceptibilidad de la infraestructura frente a procesos de inestabilidad.

En este contexto, el cambio climático actúa como un factor amplificador de vulnerabilidades preexistentes. El incremento proyectado de la variabilidad climática, la intensificación de las precipitaciones extremas, el aumento de las temperaturas y la ocurrencia de períodos secos más prolongados pueden exacerbar las limitaciones actuales de la infraestructura, incrementando su sensibilidad frente a amenazas climáticas y potenciando las afectaciones sobre la conectividad, la seguridad vial y los componentes físicos y funcionales del sistema vial.

## 3.4. Respuesta del Sistema y Capacidad de Adaptación

El análisis del sistema y su capacidad de adaptación permite evaluar la respuesta integral de la infraestructura vial, los usuarios y los servicios críticos frente a las amenazas climáticas identificadas, considerando tanto la situación actual como las mejoras esperadas con la implementación del proyecto. Este enfoque complementa los análisis de exposición y vulnerabilidad, al identificar fortalezas, debilidades y brechas en la resiliencia funcional del sistema.

### 3.4.1. Situación actual del sistema

La capacidad de adaptación actual del sistema es limitada debido a la insuficiente capacidad hidráulica de la infraestructura, la dependencia de una única vía principal de acceso y la ausencia de mecanismos sistemáticos de monitoreo y gestión preventiva del riesgo climático. Como resultado, la respuesta frente a eventos extremos es predominantemente reactiva y basada en intervenciones posteriores al evento.

### 3.4.2. Brechas de adaptación

El análisis identifica brechas clave que limitan la resiliencia del sistema:

- Alta recurrencia de anegamientos en la RP 205, provocando interrupciones del tránsito y afectación de conectividad.
- Dependencia crítica de una única traza vial, sin alternativas eficientes.
- Limitaciones en la capacidad hidráulica de la infraestructura existente.
- Respuesta predominantemente reactiva, centrada en reparación posterior a eventos.
- Impactos directos sobre el acceso a servicios esenciales durante eventos hidrometeorológicos.

Estas brechas limitan la capacidad del sistema para anticipar, absorber y recuperarse de eventos climáticos extremos, reduciendo su resiliencia frente a escenarios de cambio climático.

### 3.4.3. Rol del proyecto en la mejora de la adaptación

La implementación del proyecto permitirá fortalecer significativamente la capacidad de adaptación del sistema vial mediante la mejora de la capacidad hidráulica de la infraestructura, la reducción de anegamientos recurrentes, el aumento de la estabilidad estructural de la traza y la mejora de las condiciones de transitabilidad durante eventos climáticos extremos. Estas intervenciones contribuirán a reducir la frecuencia y duración de las interrupciones del servicio, mejorando la conectividad territorial y el acceso a servicios esenciales.

Complementariamente, la incorporación de medidas de monitoreo, mantenimiento y gestión del riesgo permitirá fortalecer la capacidad de respuesta y recuperación frente a eventos climáticos, promoviendo una transición desde un esquema predominantemente reactivo hacia un modelo de gestión más preventivo y resiliente. En este sentido, el principal aporte del proyecto consiste en reducir las vulnerabilidades actuales del sistema y aumentar su capacidad para mantener la funcionalidad frente a condiciones climáticas presentes y futuras.

## 3.5. Riesgos por etapas del Proyecto

El análisis de los riesgos climáticos del proyecto considera la forma en que las amenazas identificadas —principalmente precipitaciones extremas, inundaciones, olas de calor, sequías y otros fenómenos asociados a la variabilidad climática— pueden afectar el desempeño de la infraestructura vial a lo largo de sus distintas etapas de construcción, operación y mantenimiento.

Estos riesgos comprenden tanto impactos físicos sobre la infraestructura como afectaciones operativas, funcionales, ambientales y sociales vinculadas a la ejecución de la obra, la prestación del servicio y su sostenibilidad en el tiempo. Asimismo, se reconoce la existencia de un riesgo residual asociado a eventos cuya magnitud o intensidad pueda exceder las condiciones de diseño y las medidas de adaptación incorporadas en el proyecto.

### 3.5.1. Etapa de construcción

Durante la etapa de construcción, los riesgos climáticos se encuentran asociados principalmente a la exposición de las actividades de obra a eventos hidrometeorológicos y condiciones climáticas adversas, con potencial para afectar la planificación, ejecución, calidad y seguridad de los trabajos.

Las precipitaciones intensas representan el principal factor de riesgo, dado que pueden generar interrupciones en el cronograma de obra, dificultar la ejecución de movimientos de suelo y comprometer los procesos de compactación y conformación de capas estructurales. Asimismo, las inundaciones y anegamientos temporarios pueden provocar daños en frentes de obra, afectación de caminos auxiliares, pérdida de materiales y mayores requerimientos de reparación o reproceso, con impactos sobre los costos y plazos de ejecución.

Por su parte, los períodos prolongados de sequía o déficit hídrico pueden generar restricciones temporales en la disponibilidad de agua para actividades constructivas, tales como el control de polvo, la preparación de materiales y otras tareas operativas. Esta situación puede resultar especialmente relevante en contextos donde las fuentes de abastecimiento son compartidas con comunidades locales o actividades productivas.

Las olas de calor y las altas temperaturas constituyen otra amenaza relevante durante la construcción, debido a sus efectos sobre las condiciones de trabajo del personal y sobre el desempeño de determinados materiales utilizados en obra. Estas condiciones pueden requerir ajustes operativos, medidas específicas de seguridad laboral y modificaciones en la programación de actividades.

Todos estos riesgos pueden afectar el desempeño de la etapa constructiva mediante retrasos, incremento de costos, restricciones operativas, limitaciones en la disponibilidad de recursos y mayores exigencias de gestión, lo que requiere la implementación de medidas preventivas y de adaptación orientadas a fortalecer la resiliencia de la obra frente a la variabilidad climática.

### 3.5.2. Etapa de operación y mantenimiento

Durante la etapa de operación y mantenimiento, los riesgos climáticos se manifiestan principalmente a través de afectaciones sobre la integridad física de la infraestructura, la continuidad del servicio y el incremento de las necesidades de conservación requeridas para sostener su funcionalidad a lo largo del tiempo.

Las precipitaciones intensas y las inundaciones constituyen las amenazas de mayor relevancia, dado que pueden generar anegamientos, cortes parciales o totales de la vía y una reducción significativa del nivel de servicio. Asimismo, pueden provocar procesos de erosión, socavación y deterioro de obras hidráulicas, afectando la estabilidad de la infraestructura y la seguridad de los usuarios. Estas condiciones incrementan la frecuencia de intervenciones sobre cunetas, alcantarillas, banquinas y otras obras de drenaje, aumentando las necesidades de mantenimiento preventivo y correctivo.

Por otra parte, las altas temperaturas y los extremos térmicos pueden acelerar el deterioro del pavimento mediante deformaciones, fisuración y pérdida de desempeño estructural, reduciendo su vida útil. De manera complementaria, la alternancia entre períodos secos y húmedos puede favorecer procesos de degradación superficial, erosión y pérdida de estabilidad en taludes y banquinas, generando mayores requerimientos de monitoreo, conservación y reparación.

Los períodos prolongados de sequía también pueden producir impactos indirectos sobre el entorno del proyecto, particularmente en sectores donde el abastecimiento de agua depende de perforaciones o captaciones locales. Asimismo, las condiciones de déficit hídrico y altas temperaturas pueden incrementar la susceptibilidad a incendios rurales y de vegetación, con potencial afectación de la seguridad vial, la cobertura vegetal estabilizadora y los márgenes de la traza, requiriendo tareas adicionales de control y recuperación.

La ocurrencia de eventos extremos puede demandar intervenciones correctivas de emergencia y alterar la programación regular de las actividades de mantenimiento, requiriendo la movilización de recursos adicionales en plazos reducidos. En este contexto, los riesgos climáticos se traducen en una degradación temporal del nivel de

servicio, mayores exigencias para la gestión de la infraestructura e incrementos en los costos operativos y de conservación.

Si bien la existencia de la Ruta Provincial N° 204 permite mantener alternativas de conectividad ante eventuales interrupciones, los eventos climáticos extremos pueden afectar temporalmente la funcionalidad del sistema vial, generando mayores tiempos de viaje y restricciones operativas para los usuarios.

# 4. ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN Y RESILIENCIA

La estrategia de adaptación y resiliencia del proyecto se centra en fortalecer la capacidad del sistema vial y de la población del municipio de Fachinal frente a las amenazas climáticas identificadas, priorizando precipitaciones extremas, inundaciones y procesos de inestabilidad de suelos. El análisis previo de exposición, vulnerabilidad y respuesta del sistema permitió identificar riesgos críticos y brechas de adaptación que requieren intervención estructural, operativa y de mantenimiento.

La estrategia se basa en un enfoque integrado que combina intervenciones sobre la infraestructura con medidas de gestión del riesgo y fortalecimiento operativo.

## 4.1. Matriz de riesgos climáticos

A partir del diagnóstico realizado, se identificaron y priorizaron las principales amenazas climáticas que podrían afectar el desempeño de la RP 205, considerando su probabilidad de ocurrencia y las potenciales consecuencias sobre la infraestructura vial, los usuarios, los servicios asociados y la continuidad operativa del corredor.

El nivel de riesgo asignado a cada amenaza resulta de la combinación entre la magnitud de la amenaza climática, el nivel de exposición de los elementos potencialmente afectados y su vulnerabilidad física y funcional. La clasificación final se expresa mediante categorías cualitativas derivadas de la evaluación de probabilidad e impacto.

Los resultados del análisis de riesgo, junto con las proyecciones climáticas, la evaluación de vulnerabilidad y la identificación de brechas de adaptación, constituyeron insumos fundamentales para la formulación del proyecto y la definición de las medidas de resiliencia incorporadas. En este sentido, las amenazas identificadas no fueron consideradas únicamente como riesgos a gestionar durante la etapa de operación, sino también como condicionantes para el diseño, dimensionamiento y planificación de las intervenciones propuestas.

En consecuencia, las decisiones de diseño vinculadas al dimensionamiento de las obras de drenaje, la adecuación de rasantes, la estabilización de taludes, la protección frente a procesos erosivos y la planificación de actividades de mantenimiento fueron concebidas para reducir la vulnerabilidad de la infraestructura y fortalecer su resiliencia frente a las condiciones climáticas actuales y futuras, particularmente ante el incremento proyectado de las precipitaciones extremas, las inundaciones, la erosión hídrica y los eventos de altas temperaturas.

La siguiente matriz resume las principales amenazas climáticas identificadas para la RP 205, el nivel de riesgo asociado y las medidas de adaptación incorporadas al proyecto para fortalecer la resiliencia de la infraestructura vial.

**Tabla 3 – Matriz de Riesgos Climáticos.**

| Amenaza Climática | Riesgo Específico | Etapa | Probabilidad | Impacto | Nivel de Riesgo | Tipo de Impacto | Justificación / Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lluvias intensas | Interrupciones en la ejecución de obra | Construcción | Alta | Alto | Alto | Operativo | Afectan cronograma, movimiento de suelos y compactación. |
| Lluvias intensas | Sobrecarga de drenajes, anegamientos e incremento de requerimientos de mantenimiento | Operación y mantenimiento | Alta | Muy alto | Crítico | Físico y operativo | Los excedentes hídricos pueden superar la capacidad hidráulica y aumentar la frecuencia de intervenciones sobre drenajes e infraestructura. |
| Inundaciones | Daños en frentes de obra | Construcción | Media-Alta | Alto | Alto | Físico | Afectación directa en zonas bajas y cercanas a cursos de agua. |
| Inundaciones | Cortes de la vía, pérdida de transitabilidad e intervenciones de emergencia | Operación y mantenimiento | Alta | Muy alto | Crítico | Funcional y operativo | Pueden generar interrupciones del tránsito y requerir acciones correctivas inmediatas. |
| Deslizamientos / erosión | Inestabilidad de taludes y caída de material | Construcción | Media-Alta | Alto | Alto | Físico | Saturación de suelos durante la obra. |
| Deslizamientos / erosión | Erosión, socavación de infraestructura e incremento de intervenciones correctivas | Operación y mantenimiento | Media-Alta | Alto | Alto | Físico y operativo | Pérdida de material, afectación estructural y necesidad de estabilización recurrente. |

| Amenaza Climática | Riesgo Específico | Etapa | Probabilidad | Impacto | Nivel de Riesgo | Tipo de Impacto | Justificación / Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Olas de calor | Afectación a condiciones laborales | Construcción | Alta | Medio | Medio-Alto | Operativo | Restricciones operativas y riesgos para el personal. |
| Olas de calor | Deterioro del pavimento y aumento de requerimientos de conservación | Operación y mantenimiento | Media | Alto | Alto | Físico y operativo | Deformaciones, fisuración y reducción de la vida útil de la infraestructura. |
| Vientos intensos | Caída de árboles, afectación de señalización y obstrucción de la calzada | Operación y mantenimiento | Media | Medio | Moderado | Funcional y operativo | Puede afectar la seguridad vial y requerir tareas de despeje y reposición. |
| Sequías / variabilidad climática | Restricciones temporales en la disponibilidad de agua para la construcción y comunidades locales | Construcción | Media | Medio | Moderado | Operativo y social | La reducción de la disponibilidad de agua puede afectar las actividades de obra y aumentar la competencia por el recurso. |
| Sequías / variabilidad climática | Fisuración de suelos y pavimento, e incremento de la susceptibilidad a procesos erosivos | Operación y mantenimiento | Baja-Moderada | Medio | Bajo-Moderado | Físico | La alternancia entre períodos secos y húmedos favorece la contracción de materiales y los procesos de degradación superficial. |
| Incendios (asociados a sequías) | Afectación de banquinas, vegetación y condiciones operativas de la vía | Operación y mantenimiento | Baja | Medio | Bajo-Moderado | Físico y operativo | La pérdida de cobertura vegetal y los eventos de fuego pueden afectar la seguridad vial y requerir intervenciones correctivas. |

Esta priorización permite enfocar las medidas de adaptación sobre los riesgos más críticos, considerando la recurrencia histórica de anegamientos e interrupciones de tránsito en la RP 205.

## 4.2. Medidas de adaptación

La estrategia de adaptación de este Plan responde directamente a un principio de causalidad técnica: cada amenaza climática identificada localmente cuenta con una correspondencia directa en las soluciones de diseño e ingeniería civil financiadas por la inversión del proyecto. Las proyecciones de precipitaciones extremas obtenidas mediante *downscaling* —que indican incrementos de hasta un 27% en los caudales de aporte— no se consideran variables de riesgo residual pasivo, sino que determinaron la reingeniería y el sobredimensionamiento de la capacidad hidráulica de las alcantarillas y el rediseño del sistema de drenaje longitudinal. Del mismo modo, la amenaza histórica de pérdida de transitabilidad por inundaciones se acopló formalmente a la respuesta de inversión mediante la elevación de la rasante vial en los puntos críticos de la traza.

Para instrumentar estas soluciones de manera eficiente, la estrategia del proyecto se estructura a partir de un conjunto integrado de acciones que abordan tanto los desafíos físicos de la infraestructura como las capacidades operativas del sistema. En este sentido, las medidas se organizan en **componentes estructurales** —vinculados a las intervenciones físicas directas sobre la traza vial— y **componentes no estructurales** —asociados a la gestión, operación, mantenimiento institucional y sistemas de alerta—, implementándose de forma transversal a lo largo de las etapas de construcción, operación y mantenimiento de la obra.

**Tabla 4 – Trazabilidad entre amenazas climáticas y respuestas de diseño.**

| Amenaza / brecha | Evidencia | Impacto potencial sobre la infraestructura | Respuesta incorporada al diseño |
|---|---|---|---|
| **Precipitaciones extremas +9 a +27 %** | Proyecciones locales RP205 y anegamientos recurrentes | Sobrecarga de obras hidráulicas y anegamientos | Redimensionamiento de alcantarillas y drenajes con factores de incremento de precipitación; mejora de cunetas y descarga. |
| **Inundaciones temporarias** | Cortes históricos y sectores bajos | Interrupción de la transitabilidad | Elevación de rasante en puntos críticos y mejora del escurrimiento superficial. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Erosión, socavación e inestabilidad de taludes** | Suelos saturados y cortes/terraplenes vulnerables | Deterioro de taludes, banquinas y obras de drenaje | Protección y estabilización de taludes, control de erosión y recomposición de banquinas. |
| **Altas temperaturas y olas de calor** | Incremento térmico proyectado SSP126–SSP585 | Mayor deterioro de materiales y exigencias de mantenimiento | Estructura de pavimento adaptada a condiciones térmicas proyectadas, monitoreo de fisuración y protocolos operativos para trabajo en condiciones de calor extremo. |
| **Vientos intensos y caída de vegetación** | Amenaza operativa identificada | Obstrucción de calzada y daños operativos | Gestión de vegetación y protocolos de respuesta ante emergencias y reposición de señalización. |
| **Sequías y períodos secos prolongados** | Episodios recientes de sequía en Misiones y aumento de la variabilidad climática | Restricciones operativas por disponibilidad de agua durante la construcción, mayor susceptibilidad a procesos erosivos y afectación indirecta a comunidades locales | Gestión preventiva del recurso hídrico, identificación de fuentes autorizadas de abastecimiento, monitoreo de disponibilidad hídrica y uso eficiente del agua durante la construcción. |
| **Incendios asociados a períodos secos y altas temperaturas** | Incremento de condiciones favorables para incendios durante períodos de déficit hídrico | Afectación de banquinas, vegetación estabilizadora y seguridad operativa de la vía. | Plan de contingencia ante incendios, gestión preventiva de vegetación y protocolos de respuesta ante emergencias. |

### 4.2.1. Medidas estructurales

Las medidas estructurales, concentradas principalmente en la etapa de construcción, buscan resolver las limitaciones físicas que actualmente condicionan el desempeño de la RP 205 frente a eventos hidrometeorológicos, en particular lluvias intensas, inundaciones y procesos de erosión. En este marco, la adecuación y ampliación de los sistemas de drenaje, incluyendo alcantarillas y cunetas, constituye una intervención crítica y de alta prioridad, orientada a aumentar la capacidad de evacuación de excedentes hídricos y reducir la recurrencia de anegamientos.

Complementariamente, se prevé la elevación de la rasante en zonas inundables, especialmente en los sectores críticos identificados, lo que permitirá disminuir la probabilidad de cortes de tránsito durante eventos extremos.

Asimismo, se incorporan medidas destinadas a mejorar la estabilidad de la infraestructura, tales como la protección de taludes mediante revestimientos y la estabilización de suelos, que contribuyen a mitigar procesos de erosión, socavación e inestabilidad asociados a la saturación hídrica. En relación con otras amenazas relevantes, aunque de menor impacto relativo, se contempla la revegetación y estabilización vegetal de taludes, que contribuye a reducir la susceptibilidad a la erosión en contextos de variabilidad climática y alternancia entre períodos secos y húmedos.

Estas intervenciones, de implementación en el corto plazo y bajo responsabilidad del contratista y la dirección de obra, constituyen la base para reducir la vulnerabilidad estructural del sistema y mejorar su desempeño frente a las amenazas climáticas identificadas.

### 4.2.2. Medidas No Estructurales

Por su parte, las medidas no estructurales se orientan a fortalecer la capacidad de gestión del riesgo, la operación del sistema y su sostenibilidad en el tiempo. Durante la etapa de operación y mantenimiento se prevé la implementación de un sistema de monitoreo climático que permita integrar información hidrometeorológica y anticipar condiciones de riesgo. Este sistema se complementa con el desarrollo de protocolos de actuación ante eventos extremos, definidos en coordinación entre los organismos viales y el municipio, con el objetivo de minimizar impactos sobre la transitabilidad, la seguridad vial y la continuidad del servicio.

Adicionalmente, se contempla la incorporación de señalización preventiva dinámica que permita advertir a los usuarios sobre condiciones adversas de la vía —incluyendo precipitaciones extremas, vientos fuertes o baja visibilidad—, así como la formalización de un plan de desvíos utilizando la Ruta Provincial N° 204 como alternativa operativa para garantizar la conectividad ante inundaciones u otras afectaciones. Esta medida se complementa con la coordinación entre la DPV y las autoridades locales para asegurar el adecuado nivel de servicio de la ruta alternativa durante eventos extremos que afecten la RP 205.

Asimismo, durante la operación y mantenimiento se implementará un programa de conservación preventiva orientado a sostener en el tiempo los beneficios de las intervenciones realizadas. En este sentido, el mantenimiento intensivo de los sistemas de drenaje constituye una acción crítica y permanente, dado que la pérdida de capacidad hidráulica representa uno de los principales factores de riesgo identificados.

Esta acción se complementa con la inspección periódica de puntos críticos, permitiendo la detección temprana de fallas y una gestión preventiva del riesgo, incluyendo el monitoreo de fisuración del pavimento asociada a variaciones térmicas, condiciones de sequía y procesos de degradación vinculados a la variabilidad climática.

De igual manera, se incorpora un plan de respuesta post-evento orientado a reducir los tiempos de recuperación del sistema luego de eventos extremos, así como un programa de control de vegetación que cumple un doble rol: por un lado, contribuye a la estabilidad de taludes y al correcto funcionamiento del drenaje y, por otro, actúa como medida preventiva frente a incendios y eventos de vientos intensos, reduciendo el riesgo de obstrucciones y caída de material sobre la calzada.

Durante la etapa constructiva se incorporan además protocolos operativos específicos frente a olas de calor, incluyendo ajustes en los horarios de trabajo y medidas de seguridad laboral, así como un plan de contingencia ante incendios orientado a prevenir y gestionar eventos asociados a condiciones de sequía o altas temperaturas. Asimismo, se implementarán medidas de gestión preventiva del recurso hídrico, contemplando la identificación previa de fuentes autorizadas de abastecimiento de agua, la verificación de que su utilización no interfiera con el suministro destinado a las comunidades locales o actividades productivas y el monitoreo de la disponibilidad hídrica durante períodos secos. En situaciones de sequía o déficit hídrico se priorizará el uso eficiente del recurso, la programación de actividades con alto consumo de agua y la coordinación con las autoridades competentes para prevenir conflictos por el uso del recurso y asegurar la continuidad de las actividades de obra.

En conjunto, la combinación de medidas estructurales y no estructurales configura una estrategia integral de adaptación que aborda tanto los riesgos críticos asociados a lluvias intensas e inundaciones como aquellos de nivel de riesgo medio o moderado, vinculados a olas de calor, vientos intensos, sequías, restricciones temporales en la disponibilidad de agua e incendios. De esta manera, el proyecto no solo reduce la vulnerabilidad de la infraestructura, sino que también fortalece la capacidad de respuesta, recuperación y gestión adaptativa del sistema, permitiendo evolucionar desde un esquema reactivo hacia un enfoque proactivo de resiliencia climática.

No obstante, bajo escenarios de cambio climático caracterizados por una mayor frecuencia e intensidad de eventos extremos, es posible que se presenten condiciones que excedan los parámetros de diseño de la infraestructura. En este contexto, el proyecto no elimina completamente los riesgos climáticos, sino que reduce su probabilidad de ocurrencia y sus impactos, configurando un escenario de riesgo

residual que deberá ser gestionado mediante estrategias de monitoreo, mantenimiento y mejora continua.

## 4.3. Plan de implementación y trazabilidad

La implementación de estas medidas se articula a lo largo de las etapas de construcción, operación y mantenimiento del proyecto, con responsables definidos y seguimiento mediante indicadores de desempeño (KPIs).

**Tabla 5 – Tabla de implementación y trazabilidad de las medidas de adaptación.**

| Riesgo Climático | Medida de Adaptación | Tipo de Medida | Etapa de ejecución | Responsable | KPI / Indicador | Frecuencia de Seguimiento |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Lluvias intensas / Inundaciones | Adecuación de drenajes (alcantarillas, cunetas) | Estructural | Construcción | Contratista / DPV | % de drenajes ejecutados según diseño | Mensual (obra) |
| Lluvias intensas / Inundaciones | Elevación de rasante en zonas inundables | Estructural | Construcción | Proyecto / Dirección de Obra | Nº de sectores críticos intervenidos | Mensual (obra) |
| Deslizamientos / erosión | Protección de taludes (revestimientos) | Estructural | Construcción | Contratista | % de taludes estabilizados | Mensual (obra) |
| Deslizamientos / erosión | Estabilización de suelos y control de erosión | Estructural | Construcción | Contratista | Nº de intervenciones ejecutadas | Mensual (obra) |
| Lluvias intensas / eventos extremos | Sistema de monitoreo climático | No estructural | Operación y Mantenimiento. | Gobierno Provincial | Sistema operativo (Sí/No) | Trimestral |
| Eventos extremos | Protocolos de actuación ante emergencias | No estructural | Operación y Mantenimiento. | DPV / Municipio | Nº de protocolos implementados y actualizados | Anual |
| Inundaciones / cortes de tránsito | Plan de desvíos (uso de Ruta Provincial N° 204) | No estructural | Operación y Mantenimiento. | Gobierno Provincial | Tiempo de activación de desvíos | Por evento |
| Vientos intensos | Señalización preventiva dinámica | No estructural | Operación y Mantenimiento. | DPV | % de tramos señalizados | Semestral |
| Vientos intensos / tormentas / incendios | Control preventivo de vegetación | No estructural | Operación y Mantenimiento. | DPV | % de tramos con vegetación controlada | Semestral |

| Riesgo Climático | Medida de Adaptación | Tipo de Medida | Etapa de ejecución | Responsable | KPI / Indicador | Frecuencia de Seguimiento |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Lluvias intensas / Inundaciones | Mantenimiento intensivo de drenajes | No estructural | Operación y Mantenimiento. | DPV | Frecuencia de limpieza y porcentaje de drenajes operativos | Mensual / Post-evento |
| Deslizamientos / erosión | Inspección periódica de puntos críticos | No estructural | Operación y Mantenimiento. | DPV | Nº de inspecciones realizadas | Trimestral |
| Eventos extremos | Plan de respuesta post-evento | No estructural | Operación y Mantenimiento. | DPV / Municipio | Tiempo de restitución del servicio | Por evento |
| Sequías / variabilidad climática | Gestión preventiva y uso eficiente del recurso hídrico | No estructural | Construcción | Contratista / Inspección Ambiental | Nº de eventos de restricción de captación; disponibilidad de fuentes autorizadas; Nº de reclamos vinculados al uso del agua | Mensual y durante períodos secos |
| Olas de calor | Protocolos operativos para trabajo en condiciones de calor extremo | No estructural | Construcción | Contratista | Nº de incidentes asociados a estrés térmico; % de personal capacitado; Nº de jornadas con medidas preventivas activadas | Mensual durante temporada cálida |

| Riesgo Climático | Medida de Adaptación | Tipo de Medida | Etapa de ejecución | Responsable | KPI / Indicador | Frecuencia de Seguimiento |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Olas de calor / Sequías | Monitoreo de fisuración del pavimento y deterioro asociado a variaciones térmicas | No estructural | Operación y Mantenimiento. | DPV | Nº de inspecciones realizadas; longitud de fisuras detectadas y reparadas | Trimestral |
| Incendios asociados a sequías | Plan de contingencia y respuesta ante incendios | No estructural | Construcción, Operación y Mantenimiento. | Contratista / DPV / Municipio | Nº de simulacros realizados; tiempo de respuesta ante incidentes; Nº de eventos gestionados | Anual y por evento |

## 4.4. Integración y resultados esperados

Con la implementación de la estrategia, se espera que la RP 205 mejore significativamente su desempeño ante lluvias intensas, inundaciones y procesos erosivos. La infraestructura reforzada, combinada con medidas operativas y de mantenimiento, permitirá:

- Reducir la recurrencia de anegamientos y cortes de tránsito.
- Garantizar la continuidad en la conectividad y el acceso a servicios críticos.
- Minimizar riesgos para los usuarios y aumentar la seguridad vial.
- Fortalecer la resiliencia de las actividades productivas y de la población frente a eventos extremos.

De esta manera, la intervención no solo actúa sobre la infraestructura física, sino que habilita un sistema más resiliente y adaptable, reduciendo la vulnerabilidad territorial y potenciando la capacidad de respuesta del municipio frente a los impactos del cambio climático.

# 5. INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

El análisis de la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas al proyecto, considerando sus distintas etapas, permite establecer una línea de base y evaluar el desempeño climático del proyecto en términos de mitigación, en línea con metodologías reconocidas internacionalmente.

## 5.1. Huella de Carbono

La Huella de Carbono (HC) es un indicador ambiental que cuantifica la totalidad de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) liberadas a la atmósfera como consecuencia directa o indirecta de una actividad, proceso o producto. Se expresa habitualmente en toneladas de dióxido de carbono equivalente ($tCO_2e$), obtenido de cuantificar las cantidades de Dióxido de Carbono ($CO_2$), Metano ($CH_4$) y Óxido Nitroso ($N_2O$) en función de sus Potenciales de Calentamiento Global.

## 5.2. Metodología

La estimación de la huella de carbono del proyecto se realiza mediante un enfoque cuantitativo basado en metodologías internacionalmente reconocidas, principalmente las directrices del Intergovernmental Panel on Climate Change, el GHG Protocol y lineamientos aplicables del Banco Interamericano de Desarrollo para proyectos de infraestructura.

El cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se basa en la relación entre datos de actividad del proyecto y factores de emisión específicos, de acuerdo con la siguiente expresión general:

$$\text{Emisiones GEI} = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

Donde:

*Dato de actividad:* representa el nivel de uso de recursos o procesos generadores de emisiones (por ejemplo, consumo de combustibles, volumen de materiales transportados, uso de maquinaria).

*Factor de emisión:* corresponde a la cantidad de GEI emitida por unidad de actividad, expresada generalmente en kg o $tCO_2e$ por unidad de consumo.

El análisis considera el ciclo de vida del proyecto, abarcando principalmente las etapas de construcción y operación, donde se concentran las mayores fuentes de emisiones. En la etapa de construcción, se incluyen emisiones directas e indirectas asociadas al uso de maquinaria, transporte de materiales, producción de insumos y actividades de obra. En la etapa de operación, se consideran emisiones vinculadas al mantenimiento de la infraestructura y, cuando corresponde, variaciones en las condiciones de circulación que puedan influir en el consumo de combustible de los usuarios.

A efectos de estructurar el inventario, las emisiones se clasifican de acuerdo con criterios operativos equivalentes a los alcances definidos por el GHG Protocol:

- *Alcance 1* (Emisiones Directas): Son aquellas liberadas *in situ* por fuentes que son propiedad o están controladas por la organización responsable del proyecto. Ejemplo: uso de combustibles fósiles en maquinaria y equipos propios del proyecto.
- *Alcance 2* (Emisiones Indirectas por Energía, según disponibilidad de información): Emisiones generadas en la producción de la electricidad consumida por el proyecto. Aunque la emisión ocurre en la central eléctrica, el proyecto es responsable de ese consumo. Ejemplo: iluminación de obradores.
- *Alcance 3* (Otras Emisiones Indirectas, según disponibilidad de información): Son consecuencia de las actividades del proyecto, pero ocurren en fuentes que no pertenecen ni son controladas por este. Es el alcance más complejo e incluye toda la cadena de valor. Ejemplo: la fabricación del asfalto en una planta externa y su transporte.

Asimismo, se adopta un enfoque comparativo entre escenarios:

- *Escenario Base o Business as Usual (BAU):* representa la evolución de las emisiones sin la implementación del proyecto.
- *Escenario con Proyecto*: incorpora las mejoras en la infraestructura y su impacto en la eficiencia operativa.

Esta comparación permite estimar el efecto neto del proyecto sobre la huella de carbono, identificando tanto incrementos asociados a la construcción como potenciales reducciones en la etapa operativa.

Finalmente, se reconoce que la estimación se encuentra sujeta a incertidumbres inherentes a la disponibilidad y calidad de los datos de actividad, por lo que se prioriza un enfoque conservador y trazable, que permita su actualización en etapas posteriores mediante el sistema de monitoreo del proyecto.

## 5.3. Datos de Actividad y Factores de Emisión

Los datos de actividad (DA), son valores numéricos que permiten dimensionar la magnitud de las actividades que emiten y capturan GEI. A continuación, se detallan los datos clave clasificados por etapa y el alcance al que pertenecen:

### 5.3.1. Etapa de Construcción

Consumo de Combustibles (Alcance 1): Litros de gasoil/diésel utilizados por la maquinaria propia o controlada en el frente de obra (excavadoras, motoniveladoras).

Cantidades de Materiales (Alcance 3): Toneladas de mezcla asfáltica, cemento, áridos y acero. Las emisiones ocurren durante la fabricación de estos insumos en plantas ajenas.

Logística y Transporte (Alcance 3): Distancia recorrida (km) y tipo de vehículo para trasladar insumos desde la planta (ej. Posadas) hasta el sitio de obra (ej. Fachinal) y transporte de operarios.

Cambio de Uso de Suelo (Alcance 1): Pérdida de carbono por remoción de vegetación en la traza directa de la ruta. Y ganancias de carbono por revegetación, tras la obra.

### 5.3.2. Etapa de Operación

Censo de Tránsito - Tránsito Inducido (Alcance 3): Emisiones de los vehículos de terceros que circulan por la ruta. Según el *Informe N° 195/25* de la DPV, se deben considerar categorías como Livianos, Ómnibus y Camiones (con y sin acoplado).

Consumo Eléctrico (Alcance 2): Energía de la red utilizada para la iluminación de accesos o señalización dinámica.

Mantenimiento y Rehabilitación (Alcance 3): Materiales y transporte necesarios para bacheos o repavimentaciones futuras.

Los factores de emisión utilizados provienen de fuentes reconocidas a nivel internacional y nacional, priorizando aquellos adaptados al contexto argentino cuando se encuentran disponibles, a fin de mejorar la representatividad de los resultados.

**Tabla 6 – Factores de emisión sugeridos para el proyecto.**

| Insumo/Actividad | Factor de emisión $CO_2$ | Factor de emisión $CH_4$ | Factor de emisión $NO_2$ | Fuente |
|---|---|---|---|---|
| Bitumen (Betún) | 0,426 kg $CO_2e$ /kg | - | - | (White, Golden, Biligiri, & Kaloush, 2010) |
| Gasoil (Maquinaria) | 74,1 kg/GJ | 0,00415 kg/GJ | 0,0286 kg/GJ | IPCC Guidelines |

| Insumo/Actividad | Factor de emisión $CO_2$ | Factor de emisión $CH_4$ | Factor de emisión $NO_2$ | Fuente |
|---|---|---|---|---|
| | | | | Volumen 2 Capítulo 3. Tabla 3.3.1 (IPCC, 2006) |
| Nafta (Transporte) | 69,3 kg/GJ | 0,025 kg/GJ | 0,008 kg/GJ | IPCC Guidelines Volumen 2 Capítulo 3. Tabla 3.2.1 y Tabla 3.2.2 (IPCC, 2006) |

## 5.4. Efecto sobre la Huella de Carbono en escenarios Business as Usual vs Escenario de Proyecto

En esta sección se analizan de manera comparativa las emisiones generadas en un escenario Business As Usual (BAU), comparándolas con las emisiones generadas en un escenario de proyecto.

### 5.4.1. Escenario BAU:

Las actividades que ocurren en las condiciones actuales del área del proyecto incluyen principalmente actividades de transporte. De acuerdo con el relevamiento realizado por la DPV, el tránsito relevado muestra una circulación de 260 vehículos/día para el tramo comprendido entre R.N. N° 105 y el acceso a A.E.S.A (9,5 km) y de 147 vehículos/día para el tramo comprendido el acceso a A.E.S.A y Fachinal (2 km). Un porcentaje mayoritario de estos vehículos corresponde a vehículos del tipo liviano (Motos, Autos y Pick Ups).

### 5.4.2. Escenario de Proyecto:

La pavimentación de la ruta posibilitará la incorporación de transporte público con mayor frecuencia, lo que incentivará a la población a reducir el uso de vehículos particulares. Adicionalmente, se facilitaría la utilización de opciones de movilidad sostenible, como monopatines eléctricos o bicicletas. Una calle asfaltada, asimismo, contribuye a la disminución del consumo de combustible de los vehículos en un rango del 2% al 5% (Patel, 2019), lo que se traduce en una reducción de las emisiones actuales generadas por el tránsito en dicha vía.

## 5.5. Estimación de las Emisiones

La estimación de la huella de carbono de una actividad se realiza, en sentido estricto, una vez finalizada su ejecución, dado que requiere contar con datos reales de actividad asociados a los procesos desarrollados. Bajo este enfoque, se trata de una estimación de carácter ex post, basada en información efectiva sobre consumos, materiales y operaciones.

No obstante, en etapas de planificación es posible efectuar una estimación ex ante, sustentada en supuestos técnicos y valores de referencia representativos. Estas estimaciones preliminares permiten anticipar el orden de magnitud de las emisiones y orientar la toma de decisiones, aunque deberán ser posteriormente validadas y ajustadas en función de los datos reales relevados durante la implementación y operación del proyecto.

## 5.6. Enfoque general

La estimación de emisiones de GEI del proyecto se realiza considerando las principales fuentes asociadas a las etapas de construcción, operación y mantenimiento, aplicando la metodología basada en datos de actividad y factores de emisión conforme a lineamientos del IPCC y GHG Protocol.

Se adopta un enfoque comparativo entre:

- Escenario BAU (sin proyecto)
- Escenario con proyecto.

## 5.7. Supuestos generales del cálculo

Para la estimación se adoptan los siguientes supuestos técnicos, representativos de proyectos viales en la región:

- Longitud del tramo intervenido: 11,5 km
- Tipo de intervención: rehabilitación + mejoras hidráulicas
- Horizonte de evaluación: 20 años (CEPAL, 2011)
- Tránsito medio (AADT): 260 veh/día tomando como referencia el tránsito del censo del tramo más largo (DPV Misiones, 2025)
- Participación: Livianos: 70% - Pesados: 30%

**Factores de emisión adoptados**:
Gasoil (diésel): 74,1 kg $CO_2$/GJ
Nafta (gasolina): 69,3 kg $CO_2$/GJ

**Potenciales de calentamiento global – GWP (IPCC, 2021–2023):**

$CO_2$: 1
$CH_4$: 29,8
$N_2O$: 273

## 5.8. Emisiones en etapa de construcción

### 5.8.1. Emisiones por combustión móvil

Para estimar las emisiones de GEI asociadas al uso de combustibles líquidos en vehículos (camionetas, automóviles, etc.) y maquinaria pesada de obra, utilizados en la etapa constructiva se consideró un total de gasoil/diésel y nafta/gasolina.

La estimación de la cantidad de energía consumida se realiza a partir del Poder Calorífico Inferior para cada tipo de combustible, como se muestra a continuación:

PCI (GJ/litro) = PCI(GJ/t) x Densidad (t/l)

**Tabla 7 – Valores de PCI por tipo de combustible**

| Combustible | PCI (GJ/t) | Densidad (t/m³) |
|---|---|---|
| Nafta comercial | 42,21 | 0,746 |
| Gasoil comercial | 43,96 | 0,846 |

Fuente: Instituto Argentino del Petróleo y Gas, tomados de la Tabla 4 y la Tabla 5 del documento técnico PRSC202020. (IAPG , 2020)

#### *a. Consumo de maquinaria*

Supuesto típico:
Consumo: 15.000 litros/km de ruta
Total de energía consumida:
11,5 km × 15.000 l/km = 172.500 litros gasoil (diésel)
PCI: 0,03719 GJ/l
172.500 l * 0,037190 GJ/l = 5.502,75 GJ
Emisiones:

**Tabla 8 – Emisiones de GEI por consumo de gasoil en maquinaria.**

| Actividad | Emisiones kg $CO_2$ | Emisiones kg $CH_4$ | Emisiones kg $N_2O$ |
|---|---|---|---|
| Consumo de gasoil en maquinaria | 407.753,78 | 22,84 | 157,38 |

### *b. Producción de materiales claves para la obra: asfalto*

Se estiman las emisiones principalmente por la producción de asfalto. Esa estimación no incluye las emisiones por la extracción y transporte de los áridos ni del betún para la fabricación del asfalto. Contempla las emisiones de GEI provenientes del gasto energético de producir la mezcla asfáltica en una planta.

Supuesto:

500 ton mezcla asfáltica/km de ruta

Factor: 0,05 $tCO_2$/ton

Total:

11,5 km × 500 ton/km = 5.750 ton

Emisiones:

5.750 t × 0,05 $tCO_2e$/t= 287,5 $tCO_2e$

### *c. Transporte:*

El transporte de la materia prima hasta la obra representa una fuente de emisión directa (Alcance 1), sin embargo, en una estimación ex-ante, supone un grado alto de incertidumbre debido a no conocer la cantidad de viajes, la distancia recorrida o los vehículos utilizados.

Consideraciones:

Transporte de personal: Vehículos a Nafta

FE: 69,3 kg $CO_2$/GJ

Rendimiento: 10 l / 100 km

Transporte de insumos: vehículos a Gasoil

FE: 74,1 kg $CO_2$/GJ

Rendimiento: 30 l/100km

En análisis de ciclo de vida para obras viales, Wang et al. (2015) identificaron que el transporte representa entre el 3% y el 10% de las emisiones totales (Wang, Duan, Wu, & Yang, 2015). Considerando que dicho trabajo considera únicamente el transporte de materiales, se considera el valor más alto del 10% para incluir el transporte del personal.

**Tabla 9 – Total de emisiones etapa constructiva**

| Fuente | Emisiones ($tCO_2e$) |
|---|---|
| Maquinaria | 451,40 |
| Transporte | 65,71 |
| Materiales | 287,5 |
| TOTAL | 657,1 $tCO_2e$ |

## 5.9. Emisiones en etapa de operación

### 5.9.1. Escenario sin proyecto (BAU)

Condiciones:
Baja velocidad (40 km/h)
Mayor consumo por congestión/anegamientos

Consumo promedio:
Livianos: 10 l/100 km
Pesados: 30 l/100 km

Consumo diario:
Livianos: 182 veh × 11,5 km × 0,10 = 209 l/día
Pesados: 78 veh × 11,5 km × 0,30 = 269 l/día

Total diario: 478 litros
Total anual: 174.470 litros

Emisiones:

≈ 455 $tCO_2e$/año

### 5.9.2. Escenario con proyecto

Mejora en condiciones:
Mayor velocidad (60–70 km/h)
Mejora del IRI: Menor consumo (~2-5% reducción, se toma un valor medio de 3,5%)

Se considera un aumento del 3% anual del tránsito en la RP 205 conforme a como se visualiza en la Fig 1, conforme a lo planteado en la Evaluación Económica - HDM-4, a los fines de mantener coherencia con los escenarios proyectados (DPV, 2026)[1]

[1] La cuantificación de estas emisiones requiere un monitoreo anual del tránsito real durante la etapa de operación.

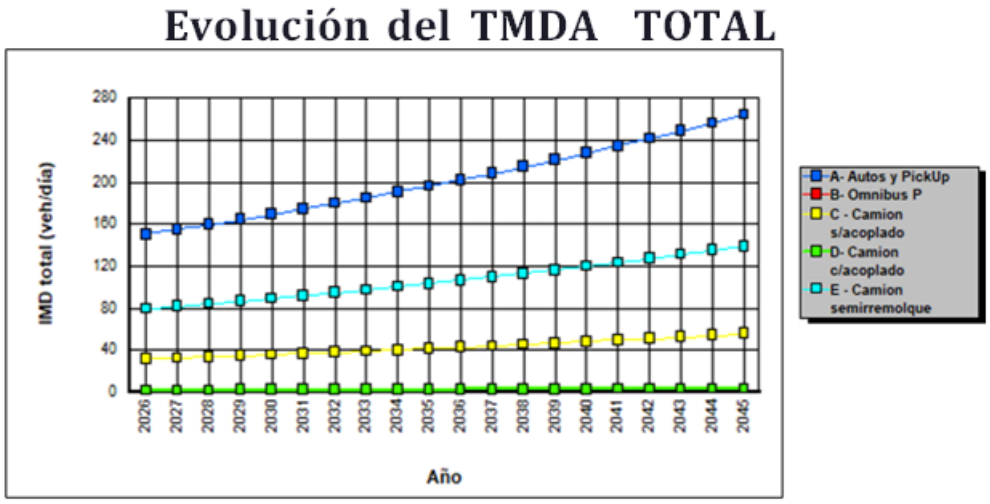



**Figura 1 – Evolución del TMDA Total. Fuente: DPV, 2026**

Calculamos las emisiones totales de la etapa de operación en un periodo de 20 años, considerando un 3% anual de aumento del tránsito con respecto a los valores del escenario de base y los rendimientos correspondientes a vehículos livianos y pesados.

Factor de crecimiento acumulado en 20 años:

$$\text{FCA} = \frac{(1+r)^n - 1}{r} = \frac{(1+0{,}03)^{20} - 1}{0{,}03} = 26{,}87$$

Emisiones operativas en un plazo de 20 años:

$$Emisiones\ operativas = 455\ tCO_2 * 26{,}87 \approx\ 12.200\ tCO_2$$

Y considerando una reducción del 3,5% del consumo de combustible:

$$Reducciones = 455\ tCO_2 * 26{,}87 * (1 - 0.035) \approx\ 11.800\ tCO_2$$

Balance total de la etapa operativa:

$$Emisiones\ operativas\ netas = 12.200 - 11.800 \approx\ 400\ tCO_2$$

### 5.9.3. Emisiones en mantenimiento

Supuesto:

5% de emisiones de construcción por año (Asignado en función de la proporción de materiales e insumos con respecto a la obra)

Entonces:

657,1 $tCO_2e$ × 5% = 32,5 $tCO_2e$/año

En 20 años: ≈ 650 $tCO_2e$

## 5.10. Balance global del proyecto

Tabla 10 – Balance global de emisiones del proyecto

| Concepto | Emisiones ($tCO_2e$) |
|---|---|
| Construcción | 657 |
| Mantenimiento | 650 |
| Operación | 400 |
| BALANCE NETO | 1.707 $tCO_2e$ |

El análisis muestra que la etapa de construcción concentra las emisiones iniciales, principalmente por uso de combustibles de maquinaria y materiales. Sin embargo, el proyecto genera también reducciones brutas en la etapa operativa, asociadas a:

- Mejora en la transitabilidad
- Reducción de tiempos de viaje
- Menor consumo de combustible

En términos netos, el proyecto presenta un balance de emisiones positivas en el largo plazo debido a todas las etapas analizadas.

El valor de 1.707 $tCO_2e$ (1.307 $tCO_2e$ debido a Construcción y Mantenimiento) es comparable a lo planteado por el World Bank en su publicación *"Greenhouse Gas Emissions Mitigation in Road Construction and Rehabilitation: A Toolkit for Developing Countries*" (2011), donde se plantea un valor de 103 $tCO_2e$/km de carretera para caminos rurales asfaltados en países en vías de desarrollo, aunque esta estimación no contempla la fase operativa, aplicando esta estimación, para el proyecto obtendríamos un valor de 1.184,5 $tCO_2e$ debido a las fuentes de transporte y extracción de materiales y uso de maquinaria.

## 5.11. Nivel de incertidumbre

Los resultados deben interpretarse como estimaciones de orden de magnitud, sujetas a supuestos de tránsito, factores de emisión genéricos y datos de obra preliminares.

# 6. MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE GEI

En línea con los compromisos nacionales de reducción de emisiones (NDC) las medidas de mitigación se orientan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del proyecto a lo largo de su ciclo de vida. Las acciones se organizan por etapas —construcción, operación y mantenimiento— y se enfocan en mejorar la eficiencia en el uso de recursos, optimizar procesos y disminuir la huella de carbono. Asimismo, se incorporan lineamientos para la gestión y compensación de emisiones, en el marco de un enfoque de infraestructura vial baja en carbono.

La selección y priorización de las medidas considera criterios de costo-efectividad, en función de los costos de implementación y el potencial de reducción de emisiones, así como la disponibilidad de tecnologías y la capacidad técnica local para su adecuada implementación y sostenibilidad en el tiempo.

Las medidas de mitigación serán clasificadas en:

- De prevención: aquellas destinadas a evitar emisiones antes de que ocurran, a través de un cambio o modificación en la forma típica de operación.
- De reducción: aquellas destinadas a reducir emisiones de GEI cuando no sea posible evitarlas, debido a la naturaleza netamente emisora de la actividad, por ejemplo, las medidas relacionadas al transporte.
- De compensación: Medidas destinadas a compensar las emisiones ya generadas, que no pudieron evitarse y que se han reducido todo lo posible.

Las principales fuentes de emisiones del proyecto corresponden al consumo de combustibles por maquinaria y transporte durante la construcción, al uso de materiales de construcción, particularmente mezclas asfálticas, y a las emisiones indirectas asociadas a la operación vehicular de la infraestructura. Las medidas de mitigación se orientan a actuar sobre estas fuentes prioritarias mediante acciones de eficiencia operativa, optimización logística, economía circular y compensación de emisiones.

## 6.1. Mitigación en construcción y mantenimiento

**Gestión Logística Operativa y Eficiencia en el Consumo de combustible (Alcance 1)**

- Planificación de Movimientos: Diseñar rutas internas para minimizar distancias de acarreo.
- Política de "Ralentí Cero": Apaga motores en esperas superiores a 3 minutos.

- Optimización de Carga: Asegurar que cada vez que se realice movimiento (de materiales y de personal), se haga con la capacidad máxima de carga permitida para reducir el número de ciclos y aprovechar los combustibles al máximo.
- Implementar el uso de biocombustibles en maquinaria vial, equipos auxiliares y vehículos de transporte afectados a la obra.

**Optimización de logística de insumos (Alcance 3):** Priorizar proveedores locales de materiales de construcción para reducir las emisiones por transporte de insumos. Se recomienda un radio de 50 km y en cuando este rango no sea aplicable, se recomiendan compras dentro de los límites provinciales.

**Economía circular (Alcance 3):** Para reducir las emisiones indirectas por compra y utilización de materiales, se plantea el uso de Pavimentos Asfálticos Recuperados (RAP), material de asfalto envejecido, removido mediante fresado o demolición, que se tritura y tamiza para reutilizarse en nuevas mezclas asfálticas. Las proporciones en las que se apliquen deberán ser acordes a los parámetros técnicos y de calidad exigidos para el proyecto.

## 6.2. Mitigación en operación

**Gestión de la Rugosidad y Tránsito Pesado (Alcance 3 - Tránsito Inducido):**

Mantenimiento Preventivo del IRI: Mantener el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) bajo es crítico, especialmente ante el tránsito de camiones pesados (categorías 6 a 9 del censo).

Impacto del Tránsito Pesado: Los camiones con acoplado generan una degradación exponencial del pavimento comparado con vehículos livianos. Un incremento en la rugosidad debido a fallas estructurales aumenta la resistencia a la rodadura; para un camión pesado, esto puede significar un aumento de hasta el 7% en su consumo de combustible.

Acción: Realizar refuerzos estructurales y sellados antes de la aparición de baches para garantizar una superficie lisa que minimice el esfuerzo de tracción de los vehículos de carga.

## 6.3. Compensación

Recuperación de Sumideros: Reforestación en zonas afectadas por el proyecto, considerando una escala de entre 3:1 y 6:1 en unidades replantadas por unidad removida, o alternativamente, mediante la compra de créditos de carbono.

## 6.4. Plan de implementación y trazabilidad

Tabla 11 – Tabla de implementación y trazabilidad de las medidas de mitigación.

| Fuente de GEI | Medida de Mitigación | Tipo de Medida | Etapa de ejecución | Responsable | KPI / Indicador | Frecuencia de Seguimiento |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Maquinaria y transporte de obra | Gestión logística operativa y eficiencia en el consumo de combustible (planificación de movimientos, ralentí cero y optimización de carga) | Prevención | Construcción | Contratista / DPV | Litros de combustible consumidos por mes y/o por km intervenido | Mensual |
| Maquinaria y transporte de obra | Uso de biocombustibles | Reducción | Construcción | Contratista | % de combustible renovable utilizado sobre el consumo total | Mensual |
| Uso de materiales de construcción | Optimización de logística de insumos | Prevención | Construcción | Contratista / DPV | Distancia media y máxima de compra de insumos | Mensual |
| Uso de materiales de construcción | Economía circular mediante utilización de RAP | Reducción | Construcción | Contratista | Toneladas de RAP utilizadas y % de RAP incorporado en mezclas | Mensual |

| Fuente de GEI | Medida de Mitigación | Tipo de Medida | Etapa de ejecución | Responsable | KPI / Indicador | Frecuencia de Seguimiento |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Uso de la ruta y tránsito pesado | Gestión de la rugosidad y tránsito pesado mediante mantenimiento preventivo del IRI | Prevención | Operación y Mantenimiento | DPV | Índice de Rugosidad Internacional (IRI) | Semestral |
| Uso de la ruta y tránsito pesado | Refuerzos estructurales y sellado preventivo de pavimentos | Reducción | Operación y Mantenimiento | DPV | Longitud de pavimento intervenida preventivamente (km/año) | Anual |
| Cambios en la cobertura vegetal | Recuperación de sumideros mediante reforestación compensatoria | Compensación | Transversal | Contratista / DPV | Nº de individuos plantados y % de supervivencia | Anual |
| Emisiones residuales del proyecto | Compensación mediante créditos de carbono (si corresponde) | Compensación | Transversal | DPV | $tCO_2e$ compensadas respecto de emisiones residuales | Anual |

## 6.5. Integración y resultados esperados

Mediante la implementación de las medidas de mitigación, se espera reducir las emisiones de GEI generadas por las actividades del proyecto. En simultáneo, una reducción de la huella de carbono viene acompañada con mejoras en la eficiencia general del proyecto: optimización del uso de los recursos, menores costos de implementación, mejor planificación y desempeño ambiental.

Las medidas de prevención, reducción y compensación permitirán que la obra esté alineada con compromisos provinciales, nacionales e internacionales, así como con las tendencias del sector.

Finalmente, mediante las acciones planteadas, se busca maximizar los beneficios generados en términos climáticos, contribuyendo a maximizar los beneficios climáticos asociados a la mejora de la infraestructura vial y a compensar parcialmente las emisiones generadas durante el ciclo de vida del proyecto.

# 7. ALINEACIÓN INSTITUCIONAL Y SINERGIAS

La alineación institucional constituye un componente central para asegurar la consistencia, sostenibilidad y escalabilidad de las medidas propuestas en el presente Plan de Acción Climática favoreciendo la coherencia de políticas públicas y evitando superposición de esfuerzos. Adicionalmente, el proyecto sobre la RP 205 no se concibe como una intervención aislada, sino como parte de una estrategia más amplia de gestión del riesgo climático y desarrollo resiliente a nivel provincial y territorial.

Este apartado tiene por objetivo analizar la coherencia del proyecto con los marcos estratégicos vigentes, en particular con el Plan de Respuesta Provincial de Cambio Climático de Misiones, así como identificar las sinergias con programas e iniciativas existentes en materia de gestión hídrica, ordenamiento territorial e infraestructura resiliente. Además, se examinan los mecanismos de coordinación interinstitucional necesarios para la implementación efectiva de las medidas de adaptación y mitigación, considerando la articulación entre organismos provinciales, actores municipales y entidades sectoriales.

De esta manera, la alineación institucional no solo permite validar la pertinencia del proyecto en términos de política pública, sino que también fortalece su viabilidad operativa, optimiza el uso de recursos y potencia sus beneficios, contribuyendo a una gestión integrada del riesgo climático y al cumplimiento de los compromisos provinciales en materia de cambio climático.

## 7.1. Marco estratégico y alineación con políticas climáticas

El proyecto se enmarca en un contexto institucional más amplio de acción climática, tanto a nivel provincial como nacional, contribuyendo de manera directa a los objetivos de adaptación y, de forma complementaria, a la mitigación del cambio climático. Asimismo, la intervención sobre la RP 205 no constituye únicamente una obra de infraestructura vial, sino una medida estratégica orientada a fortalecer la resiliencia territorial frente a condiciones climáticas cada vez más exigentes.

A nivel provincial, el proyecto se alinea con los objetivos del Plan de Respuesta Provincial al Cambio Climático, particularmente en aquellos ejes vinculados a la infraestructura resiliente, la gestión integral del riesgo hídrico y el ordenamiento territorial. Las intervenciones propuestas —especialmente las orientadas a mejorar la capacidad de drenaje, estabilizar la infraestructura y

reducir la recurrencia de anegamientos— contribuyen directamente a la reducción de la vulnerabilidad de una infraestructura crítica, al fortalecimiento de la conectividad y a la mejora de la accesibilidad a servicios esenciales.

También, el proyecto es consistente con el marco normativo nacional, en particular con la Ley 27.520 de Cambio Climático, que promueve la incorporación del enfoque climático en la planificación sectorial, y con la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Argentina, en su componente de adaptación de infraestructuras.

Desde la perspectiva de mitigación, si bien el proyecto no tiene como objetivo principal la reducción de emisiones, genera co-beneficios relevantes en este sentido. La mejora en las condiciones de circulación, la reducción de interrupciones del servicio y la disminución de desvíos hacia rutas alternativas permiten optimizar los tiempos de viaje y reducir el consumo de combustible, contribuyendo indirectamente a una menor generación de emisiones asociadas al transporte, el cual es la principal fuente de emisiones, según el Inventario Provincial de Gases de Efecto Invernadero (Gobierno de la Provincia de Misiones, 2018).

El proyecto se vincula operativamente con el Plan Provincial de Respuesta al Cambio Climático de Misiones en los ejes referidos a infraestructura resiliente, gestión del riesgo hídrico, adaptación territorial y fortalecimiento de la gestión climática sectorial. En particular, la adecuación de drenajes, el aumento de capacidad hidráulica, la estabilización de taludes y el monitoreo de eventos extremos constituyen acciones de implementación sectorial que contribuyen al cumplimiento de las líneas de acción provinciales orientadas a reducir la vulnerabilidad de la infraestructura crítica y mejorar la continuidad de servicios ante eventos hidrometeorológicos.

**Tabla 12 – Vinculación entre los ejes estratégicos del Plan Provincial de Respuesta al Cambio Climático y las medidas incorporadas en el Proyecto RP N° 205**

| Plan Provincial | Proyecto RP205 |
|---|---|
| **Gestión del riesgo hídrico** | Readecuación de alcantarillas, drenajes y capacidad de evacuación |
| **Infraestructura resiliente** | Elevación de rasante, protección de taludes, refuerzo de estructuras |
| **Adaptación territorial** | Continuidad de acceso a Fachinal y servicios críticos |
| **Gobernanza climática** | Monitoreo de eventos, mantenimiento adaptativo y reporte institucional |

## 7.2. Articulación con programas e instrumentos existentes

El proyecto se articula con un conjunto de programas e instrumentos de política pública existentes, lo que permite potenciar su impacto y asegurar su sostenibilidad en el tiempo. En este marco, las intervenciones propuestas no operan de manera aislada, sino que se integran funcionalmente con estrategias sectoriales vinculadas a la gestión hídrica, el ordenamiento territorial, la infraestructura resiliente y la gestión del riesgo de desastres.

En relación con la gestión hídrica, las acciones orientadas a mejorar los sistemas de drenaje y el manejo de excedentes hídricos se alinean con enfoques provinciales que buscan optimizar la respuesta del territorio frente a eventos de precipitaciones intensas. La adecuación de alcantarillas, cunetas y escurrimientos contribuye no solo al desempeño de la infraestructura vial, sino también a una mejor gestión de las dinámicas hidrológicas locales.

En términos de infraestructura resiliente, el proyecto incorpora criterios de diseño adaptados al cambio climático, considerando tanto las condiciones actuales como los escenarios futuros (tal como se detalla en la sección 3.5.3 Alternativa 2 - Alcantarilla cajón multicelda del EsIA). Esto implica un enfoque más robusto en la planificación y ejecución de la obra, orientado a soportar eventos extremos y reducir la probabilidad de fallas funcionales, en línea con las recomendaciones de organismos internacionales.

Por otra parte, la mejora de la conectividad que implica la intervención sobre la RP 205 contribuye al ordenamiento territorial, reduciendo situaciones de aislamiento y fortaleciendo la integración del municipio de Fachinal con su entorno. Este aspecto resulta clave en contextos donde la accesibilidad condiciona el acceso a servicios, el desarrollo productivo y la calidad de vida de la población.

Finalmente, las medidas operativas previstas, tales como la implementación de protocolos ante eventos extremos, sistemas de monitoreo y planes de desvío, se articulan con los sistemas existentes de gestión del riesgo y emergencias. Esta integración permite mejorar la capacidad de respuesta del territorio y reducir los impactos de eventos climáticos sobre la población y los servicios críticos.

Adicionalmente, el proyecto genera sinergias en términos de mitigación, al contribuir a una mayor eficiencia del sistema de transporte, reduciendo consumos energéticos y emisiones asociadas a la operación vial.

## 7.3. Coordinación interinstitucional y gobernanza

La implementación efectiva de la estrategia de adaptación y resiliencia requiere una adecuada coordinación entre los distintos actores institucionales involucrados, tanto en la etapa de construcción como durante la operación y el mantenimiento de la infraestructura. En este sentido, el proyecto se concibe no solo como una obra vial, sino también como una herramienta de implementación de las políticas provinciales de adaptación, contribuyendo de forma directa al cumplimiento de los lineamientos establecidos en el Plan Provincial de Respuesta al Cambio Climático de Misiones (Disposición 853/2025).

La articulación operativa para la implementación del componente climático del proyecto no se limita a un mero intercambio de información sectorial, sino que se constituye como un pilar de la gobernanza climática provincial. De acuerdo con lo ratificado en las reuniones de trabajo con la Secretaría de Cambio Climático de la provincia durante la última misión, la gobernanza climática en Misiones es liderada y fortalecida de manera directa a través de las inversiones sectoriales reales, siendo este proyecto vial un ejemplo concreto de dicha dinámica. Al territorializar los objetivos del Plan de Respuesta Provincial mediante obras de infraestructura resilientes financiadas por el programa, se consolidan los mecanismos institucionales de toma de decisiones estratégicas.

Bajo este enfoque de gobernanza, los roles institucionales se definen de la siguiente manera:

- DPV: Asume el rol de nodo ejecutor central en la planificación, ejecución y gestión de la obra. Es la autoridad responsable de implementar las medidas estructurales de adaptación, monitorear el desempeño de la infraestructura y ejecutar las acciones de mantenimiento requeridas para sostener los niveles de resiliencia previstos en el diseño. Asimismo, reportará sistemáticamente el comportamiento de la infraestructura adaptada para retroalimentar la planificación climática general de la provincia.
- Secretaría de Cambio Climático de la Provincia: Cumple una función estratégica en la coordinación de las políticas públicas y en asegurar la coherencia entre las inversiones sectoriales y los objetivos climáticos provinciales. A través de una articulación permanente con la DPV, promoverá el intercambio sistemático de información sobre eventos hidrometeorológicos, desempeño de las obras de drenaje, afectaciones a la transitabilidad y respuestas ante emergencias, fortaleciendo los procesos de monitoreo, evaluación y planificación adaptativa a escala territorial.

- Municipio de Fachinal: Tendrá un rol relevante en la gestión operativa local, particularmente en la implementación de protocolos de emergencia, la identificación temprana de afectaciones a la transitabilidad y la articulación directa con la comunidad ante eventos climáticos extremos.
- Organismos Sectoriales (Ambiente, Recursos Hídricos y Protección Civil): Aportarán capacidades técnicas específicas para la gestión del riesgo, la incorporación de información hidrometeorológica actualizada y la respuesta coordinada ante contingencias.

La coordinación sinérgica entre estos actores permite avanzar desde un enfoque predominantemente reactivo hacia un modelo preventivo de gestión del riesgo vial. Para ello, se prevé la implementación de protocolos interinstitucionales, el uso de sistemas de información compartidos y el desarrollo de planes de contingencia coordinados, especialmente en lo relativo a la gestión de eventos hidrometeorológicos extremos y a la operación pautada de rutas alternativas, como la Ruta Provincial N° 204.

Finalmente, la experiencia obtenida durante la ejecución y operación de la RP 205 servirá como un activo institucional y una referencia técnica para futuras inversiones de infraestructura resiliente en la provincia, demostrando cómo la inversión en obra pública se transforma en el motor de la política climática de Misiones.

## 7.4. Compatibilidad con Iniciativas de Carbono a Nivel Jurisdiccional

Misiones es la primera provincia de Argentina y de la Región, en llevar adelante un proyecto Jurisdiccional Anidado REDD+ (JNR). Este proyecto busca la generación de beneficios económicos por deforestación evitada, mediante la certificación de créditos de carbono bajo el estándar internacional VERRA. Cada crédito de carbono representa una tonelada de $CO_2$ que no se ha emitido a la atmósfera, gracias a la reducción de la deforestación en el territorio provincial.

El proyecto JNR busca generar créditos en dos periodos distintos, siendo el de esta primera etapa, el periodo comprendido entre los años 2016 y 2021. Esto significa que la provincia recibirá créditos de carbono por la deforestación evitada durante esos años, contrastando el valor de cada año con un promedio histórico.

Bajo este enfoque, las actividades del proyecto vial bajo estudio no presentan un efecto negativo o que vaya en contra de los esfuerzos provinciales al momento, pero sí será importante entender que las acciones que impliquen

desmonte o un cambio de uso de suelo en áreas de categoría Verde o Amarilla (del ordenamiento territorial), generan un impacto sobre estas áreas que además de poseer un valor natural intrínseco, son zonas que están generando un valor adicional a las actividades de la provincia gracias a sus servicios ecosistémicos. Los criterios de evaluación para los proyectos deberán contemplar esta dimensión a fines de maximizar beneficios sociales, económicos y naturales.

# 8. SISTEMA DE MONITOREO E INDICADORES

El sistema de monitoreo e indicadores tiene por objetivo evaluar de manera continua el desempeño del proyecto frente al cambio climático, considerando tanto la gestión de riesgos climáticos (adaptación) como la contribución a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (mitigación).

Este enfoque integrado permite:

- Evaluar la efectividad de las medidas de adaptación frente a amenazas climáticas.
- Medir la mejora en la resiliencia y continuidad operativa del sistema vial.
- Cuantificar las emisiones y capturas de GEI en todas las etapas del proyecto y su contribución a la mitigación del cambio climático.
- Identificar desvíos y ajustar la gestión en función de evidencia.

En este marco, el sistema se basa en un enfoque de gestión adaptativa y monitoreo climático integral, donde los indicadores permiten vincular riesgos, medidas y resultados a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

## 8.1. Estructura del sistema de indicadores

El sistema se organiza en cuatro dimensiones complementarias:

- Indicadores de adaptación – desempeño físico: Evalúan la respuesta de la infraestructura frente a eventos climáticos.
- Indicadores de adaptación – desempeño funcional: Miden la continuidad del servicio y la conectividad.
- Indicadores de gestión y mantenimiento: Reflejan la capacidad operativa e institucional del sistema.
- Indicadores de mitigación: Cuantifican emisiones y eficiencia asociadas al proyecto.

## 8.2. Matriz de indicadores (KPIs)

**Tabla 13 – Indicadores de adaptación.**

| Riesgo climático | Medida asociada | Indicador (KPI) | Unidad | Frecuencia | Etapa del proyecto | Meta |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Lluvias intensas / inundaciones | Adecuación de drenajes | % de drenajes ejecutados según diseño/ % de drenajes operativos | % | Semestral | Construcción / Mantenimiento | >90% |
| Inundaciones cortes | Elevación de rasante | Nº de eventos de corte | Nº/año | Anual | Operación | Reducción significativa |
| Erosión / deslizamientos | Protección de taludes | Nº de fallas en taludes | Nº/año | Semestral | Construcción / Mantenimiento | Tendencia decreciente |
| Deterioro térmico | Mejora de pavimento | Índice de condición (PCI) | Índice | Anual | Operación / Mantenimiento | Mejora sostenida |
| Olas de calor | Protocolos operativos para calor extremo | Nº de incidentes asociados a estrés térmico | Nº/año | Mensual durante temporada cálida | Construcción | 0 incidentes graves |
| Interrupciones del servicio | Plan de desvíos | Tiempo de interrupción | Horas/evento | Anual | Operación | Reducción significativa |
| Eventos extremos | Protocolos operativos | Tiempo de respuesta | Horas | Por evento | Operación | Minimización |
| Fallas de drenaje | Mantenimiento intensivo | Nº de intervenciones correctivas | Nº/año | Anual | Mantenimiento | Reducción progresiva |
| Vientos intensos | Control de vegetación | Nº de incidentes | Nº/año | Anual | Operación / Mantenimiento | Minimización |
| Sequías / variabilidad climática | Monitoreo de fisuración y deterioro asociado | Longitud de fisuras detectadas y reparadas | m/año | Trimestral | Mantenimiento | Tendencia estable o decreciente |

| Riesgo climático | Medida asociada | Indicador (KPI) | Unidad | Frecuencia | Etapa del proyecto | Meta |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | a variaciones térmicas | | | | | |
| Sequías / disponibilidad hídrica | Gestión preventiva y uso eficiente del recurso hídrico | Nº de eventos de restricción de captación o conflictos por uso del agua | Nº/año | Durante períodos secos | Construcción | 0 eventos significativos |
| Incendios (riesgo indirecto) | Plan de contingencia ante incendios y control preventivo de vegetación | Nº de eventos que afectan la traza | Nº/año | Anual | Operación / Mantenimiento | Minimización |

**Tabla 14 – Indicadores de mitigación**

| Fuente de emisiones | Medida asociada | Indicador (KPI) | Unidad | Frecuencia | Etapa del proyecto | Meta |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Maquinaria de obra | Gestión eficiente de combustibles | Consumo de combustible | Litros/obra | Mensual | Construcción | Reducción vs línea base |
| Maquinaria de obra | Uso de biocombustibles | Participación de combustible renovable | % | Mensual | Construcción | Incremento progresivo |
| Construcción | Optimización logística de insumos | Distancia promedio de abastecimiento | km | Mensual | Construcción | Minimización |
| Construcción | Economía circular (RAP) | RAP incorporado en mezclas | t o % | Mensual | Construcción | Maximización compatible con especificaciones |
| Operación vehicular | Gestión de rugosidad (IRI) | IRI promedio | m/km | Semestral | Operación | Mantener estándar de diseño |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Operación vehicular | Fluidez del tránsito | Consumo estimado de combustible | L/km | Anual | Operación | Reducción |
| Congestión / desvíos | Continuidad del servicio | Nº de desvíos prolongados | Nº/año | Anual | Operación | Reducción |
| Mantenimiento | Eficiencia operativa | Emisiones por mantenimiento | $tCO_2e$/año | Anual | Mantenimiento | Control |
| Vegetación / carbono | Recuperación de sumideros | Nº de individuos plantados y % de supervivencia | Nº y % | Anual | Transversal | ≥80% supervivencia |
| Emisiones residuales | Compensación de emisiones | $tCO_2e$ compensadas | $tCO_2e$/año | Anual | Transversal | Compensación de emisiones residuales |

## 8.3. Implementación del sistema de monitoreo

La implementación del sistema de monitoreo requiere una coordinación institucional permanente entre los organismos responsables de la operación de la infraestructura, la gestión del riesgo y el seguimiento de las condiciones climáticas. En este marco, la **DPV** actúa como organismo responsable de la implementación y coordinación general del sistema, incluyendo el relevamiento de indicadores de adaptación y mitigación, el seguimiento del estado de la infraestructura, el registro de intervenciones de mantenimiento y la consolidación de la información para la evaluación del desempeño climático del proyecto.

Durante la etapa de construcción, los **contratistas** serán responsables de registrar y reportar la información necesaria para el seguimiento de los indicadores asociados a las medidas implementadas, incluyendo consumos de combustibles, gestión de materiales, ejecución de obras de adaptación y cumplimiento de los procedimientos operativos establecidos.

La **Dirección General de Alerta Temprana de la Provincia de Misiones** contribuirá mediante la provisión de información hidrometeorológica y alertas relevantes para el monitoreo de amenazas climáticas y la evaluación de tendencias asociadas a precipitaciones, temperaturas extremas y otros eventos meteorológicos de interés.

Por su parte, la **Subsecretaría de Protección Civil** aportará información vinculada a la ocurrencia de emergencias, activación de protocolos de respuesta y evaluación de eventos extremos que afecten la operatividad de la infraestructura. Complementariamente, el **Municipio de Fachinal** colaborará mediante el reporte de afectaciones locales, condiciones de transitabilidad y observaciones territoriales relevantes para la evaluación del desempeño del proyecto en su área de influencia.

La información generada por los distintos actores será integrada por la DPV en el marco de un proceso de seguimiento contínuo orientado a fortalecer la gestión adaptativa del riesgo climático y la mejora continua de las medidas implementadas.

## 8.4. Herramientas de monitoreo

El sistema de monitoreo se apoya en herramientas técnicas, operativas e institucionales que permiten relevar, sistematizar y analizar la información necesaria para el seguimiento de los indicadores definidos.

Entre las principales herramientas se incluyen las inspecciones periódicas de la infraestructura vial, orientadas a evaluar el estado de la calzada, las banquinas, los taludes y las obras de drenaje; los registros de mantenimiento preventivo y correctivo; y los reportes de incidentes asociados a eventos climáticos que puedan afectar la transitabilidad o el desempeño de la infraestructura.

Asimismo, se incorporará información proveniente de los sistemas de monitoreo y alerta hidrometeorológica de la provincia, incluyendo datos de precipitaciones, temperaturas extremas, alertas meteorológicas y eventos registrados por la Dirección General de Alerta Temprana. Esta información permitirá relacionar el comportamiento de la infraestructura con las condiciones climáticas observadas y mejorar la capacidad de anticipación frente a situaciones de riesgo.

Como complemento, se utilizarán herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el análisis espacial de eventos, la identificación de sectores críticos y el seguimiento de la evolución de los riesgos a lo largo del tiempo. Durante la etapa constructiva, las planillas de control de obra y los registros de consumo de combustibles y materiales constituirán las principales fuentes de información para el seguimiento de los indicadores de mitigación de emisiones.

Los resultados obtenidos podrán ser compartidos con los organismos provinciales competentes en materia de cambio climático y gestión del riesgo, contribuyendo al fortalecimiento de los mecanismos institucionales de seguimiento de la adaptación y resiliencia climática a escala provincial.

## 8.5. Frecuencia y reporte

El sistema de monitoreo se estructura en diferentes niveles de seguimiento definidos en función de la naturaleza de los indicadores y de la dinámica de los riesgos climáticos identificados.

En primer lugar, se prevé un monitoreo continuo de eventos hidrometeorológicos, afectaciones a la transitabilidad y situaciones de emergencia, permitiendo una respuesta oportuna frente a condiciones adversas y la generación de registros para la evaluación posterior de los eventos.

En segundo lugar, se realizará un monitoreo periódico de los indicadores de adaptación y mitigación definidos en el presente plan, con frecuencias específicas para cada indicador —mensuales, trimestrales, semestrales o anuales— según corresponda. Este seguimiento permitirá evaluar la eficacia de

las medidas implementadas y verificar el cumplimiento de las metas establecidas.

Adicionalmente, la DPV llevará adelante una revisión integral anual de los resultados obtenidos, considerando el desempeño de la infraestructura frente a los eventos registrados, el cumplimiento de los indicadores, la efectividad de las medidas implementadas y la aparición de nuevas condiciones de riesgo o vulnerabilidad. Asimismo, podrán realizarse revisiones extraordinarias luego de la ocurrencia de eventos climáticos de magnitud significativa que permitan identificar lecciones aprendidas y oportunidades de mejora.

El sistema de monitoreo se enmarca en un enfoque de gestión adaptativa, mediante el cual la información generada es utilizada de forma sistemática para la toma de decisiones y la mejora continua del proyecto. Cuando los resultados del seguimiento evidencien desvíos respecto de las metas previstas, cambios en las condiciones climáticas observadas o nuevas situaciones de riesgo, podrán actualizarse las medidas de adaptación y mitigación, los protocolos de actuación, las frecuencias de mantenimiento y otros instrumentos de gestión asociados, manteniendo la trazabilidad de las modificaciones mediante informes técnicos específicos. De esta manera, el proyecto incorpora un ciclo continuo de monitoreo, evaluación, ajuste y actualización, fortaleciendo su capacidad de respuesta frente a escenarios climáticos cambiantes y contribuyendo a la resiliencia de largo plazo de la infraestructura.

Los resultados de las revisiones anuales y extraordinarias serán incorporados a los mecanismos institucionales de gestión del riesgo y de planificación vial de la DPV, pudiendo asimismo ser comunicados a los organismos provinciales competentes en materia de cambio climático y gestión del riesgo, contribuyendo a la actualización de los instrumentos provinciales de adaptación y resiliencia.

## 8.6. Uso del sistema para la gestión adaptativa y climática

El sistema de monitoreo constituye una herramienta clave para la gestión del proyecto, en tanto permite vincular de manera directa los riesgos climáticos identificados con las medidas implementadas y sus resultados. Adicionalmente, su principal valor radica en su capacidad para orientar la toma de decisiones bajo un enfoque de gestión adaptativa.

A partir de la información generada, es posible ajustar las medidas de adaptación frente a cambios en la dinámica de los riesgos climáticos, optimizar las estrategias de mantenimiento y operación de la infraestructura, e identificar

oportunidades de mejora en términos de eficiencia y reducción de emisiones. Asimismo, el monitoreo continuo permite fortalecer la resiliencia del sistema vial, al anticipar fallas, reducir tiempos de respuesta y mejorar la planificación de intervenciones.

Este enfoque integrado permite articular adaptación y mitigación dentro de un mismo esquema de gestión, asegurando la trazabilidad entre riesgos, medidas e impactos, y consolidando un modelo de infraestructura vial climáticamente inteligente, capaz de sostener su desempeño en un contexto de creciente variabilidad climática.

# 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis integral desarrollado permite concluir que el proyecto de la RP 205 se emplaza en un contexto de alta exposición y vulnerabilidad frente a amenazas climáticas, principalmente asociadas a lluvias intensas e inundaciones, las cuales ya generan afectaciones recurrentes sobre la transitabilidad y la conectividad del sistema vial. Estas condiciones, sumadas a las proyecciones de cambio climático que indican una intensificación de eventos extremos, configuran un escenario de riesgo climático significativo que compromete tanto el desempeño de la infraestructura como el acceso a servicios esenciales y el desarrollo de las actividades productivas locales.

En este marco, el proyecto se posiciona como una intervención estratégica de adaptación, al abordar de manera directa las limitaciones estructurales del sistema, particularmente en lo referido a la capacidad hidráulica, la estabilidad de suelos y la resiliencia de los componentes viales. Las medidas estructurales previstas permiten reducir de manera sustantiva la probabilidad y magnitud de los anegamientos, mientras que las medidas no estructurales fortalecen la gestión del riesgo, la operación y el mantenimiento, contribuyendo a una mejora sostenida en la capacidad de respuesta del sistema.

No obstante, se reconoce que, bajo escenarios de cambio climático, persiste la posibilidad de ocurrencia de eventos que excedan las condiciones de diseño, por lo que el riesgo no se elimina completamente. En este sentido, resulta fundamental complementar las soluciones de infraestructura con un enfoque de gestión adaptativa, apoyado en sistemas de monitoreo, indicadores de desempeño y mecanismos de ajuste continuo.

Desde la perspectiva de mitigación, el proyecto incorpora medidas orientadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo de su ciclo de vida, promoviendo prácticas constructivas más eficientes, optimización operativa y estrategias de compensación. Si bien el impacto del proyecto en términos de reducción de emisiones es acotado en comparación con su contribución a la adaptación, su integración dentro de un enfoque de infraestructura baja en carbono resulta consistente con los lineamientos de política climática.

En función de lo anterior, se formulan las siguientes recomendaciones:

- Fortalecer la implementación de las medidas de adaptación, priorizando aquellas de carácter estructural vinculadas a drenaje,

estabilidad de suelos y adecuación geométrica, por su alto impacto en la reducción del riesgo.

- Asegurar la sostenibilidad de las medidas en el tiempo, mediante la asignación de recursos adecuados para el mantenimiento preventivo, especialmente en sistemas de drenaje y puntos críticos.
- Consolidar el sistema de monitoreo e indicadores, garantizando la generación de información sistemática que permita evaluar el desempeño del proyecto y ajustar las medidas de manera oportuna.
- Fortalecer la coordinación interinstitucional, articulando a los organismos viales, ambientales y municipales para una gestión integrada del riesgo climático.
- Promover la incorporación sistemática de criterios de resiliencia climática en futuros proyectos de infraestructura vial, capitalizando las lecciones aprendidas en la RP 205.
- Avanzar en la implementación de medidas de mitigación costo-efectivas, priorizando aquellas con mayor potencial de reducción de emisiones y factibilidad técnica local.
- Evaluar oportunidades de compensación de emisiones, en articulación con iniciativas provinciales, contribuyendo a una estrategia climática más amplia.

En síntesis, el proyecto no solo responde a una problemática existente de vulnerabilidad frente a inundaciones, sino que también sienta las bases para una gestión climática más robusta de la infraestructura vial, integrando adaptación y mitigación en un enfoque coherente con los desafíos actuales y futuros del cambio climático.

# BIBLIOGRAFÍA

Banco Interamericano de Desarrollo. (2021). *Guías para el Marco de Política Ambiental y Social del Banco Interamericano de Desarrollo.* Recuperado el febrero de 2026, de Sitio web del Banco Interamericano de Desarrollo: https://www.iadb.org/document.cfm?id=EZS

Beltrán Castro, P. E., García Molina, K. B., & Cordero Cabrera, C. J. (2021). Análisis de la huella de carbono en vías de pavimento flexible (asfalto): Vías de segundo orden en la provincia del Azuay. ConcienciaDigital, 4(4.1), 81-95. https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i4.1.1927

CEPAL. (2011). *Metodología general para la formulación y evaluación de proyectos de inversión pública.* (I. L. (ILPES), Ed.) Obtenido de Sitio Web de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe: https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/methodology/metodologia_general_proyectos.pdf

DPV Misiones. (2025). *Informe Nº 195-25 - Censo de Tránsito RP205. Documento Interno.* Dirección Provincial de Vialidad de Misiones, Posadas.

Gobierno de la Provincia de Misiones. (2018). *Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la Provincia de Misiones – Año 2018.* Obtenido de Sitio web de la Secretaría de Cambio Climático: https://cambioclimatico.misiones.gob.ar/igei-provincia-de-misiones-2018/

DPV Misiones, BID (2026). *Evaluación Económica HDM 4. Obra: Construcción de obra básica, desagües y pavimento en el acceso a la localidad de fachinal por r. p. nº205 - provincia de misiones.*

IAPG . (2020). *Práctica Recomendada PR IAPG-SC 20-2020. Realización de inventarios de gases de efecto invernadero en actividades de exploración y producción de hidrocarburos y procesamiento de gas.* Obtenido de Sitio web del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas: https://www.iapg.org.ar/sectores/practicas/PRSC202020.pdf

IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy. Chapter 3: Mobile Combustion.* Obtenido de Intergovernmental Panel on Climate Change WWeb Site: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/

IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report.* Cambridge University Press. doi:https://doi.org/10.1017/9781009157896

IPCC. (2021–2023). *Sixth Assessment Report (AR6).* Obtenido de Intergovernmental Panel on Climate Change Web Site: https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/

Kazimierski, L. (2026). *Consultoría en hidrología y cambio climático en la RP 205, Misiones*. Informe técnico elaborado en el marco del Programa de Infraestructura Vial financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). *Sistema de Mapas de Riesgo del Cambio Climático.* Obtenido de Metodología SIMARCC 2020 (Fase 3) Generación de Nuevos Mapas de Cambio Climático: http://devministerio.ecoclimasol.com/app3com/assets/docs/Metodologia_SIMARCC_2020.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (22 de Noviembre de 2019). *Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático.* Recuperado el 26 de 01 de 2021, de Portal oficial del Estado argentino: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_nacional_de_adaptacion_y_mitigacion_al_cambio_climatico_2019.pdf

Patel, P. (2019). *Paving the Road To Fewer Carbon Emissions*. Obtenido de Anthropocene Magazine Web Site: https://www.anthropocenemagazine.org/2019/01/paving-the-road-to-fewer-emissions/#:~:text=Smoothly%20paved%20roads%20could%20save,after%20four%20common%20treatment%20methods.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. (2014). *Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. "Cambio Climático en Argentina; Tendencias y Proyecciones".* Buenos Aires, Argentina.: Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera. Obtenido de http://3cn.cima.fcen.uba.ar/3cn_informe.php

Subsecretaría de Ambiente de la Nación. (2026). *Desarrollo Sostenible y Gestión Climática*. Obtenido de Portal oficial del Gobierno de la República Argentina: https://www.argentina.gob.ar/jefatura/turismo-y-ambiente/ambiente/desarrollo-sostenible-y-gestion-climatica

UNFCC. (s.f.). *¿Qué es el Acuerdo de París?* Obtenido de Sitio web de la Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático: https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris

Wang, X., Duan, Z., Wu, L., & Yang, D. (2015). Estimation of carbon dioxide emission in highway construction: A case study in southwest region of China. *Journal of Cleaner Production, 103*, 705-714. doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.030

White, P., Golden, J. S., Biligiri, K. P., & Kaloush, K. (2010). Modeling climate change impacts of pavement production and construction. *Resources,*

*Conservation and Recycling, 54*(11), 776–782. doi: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.12.007