

Resumen Ejecutivo

Estudio de demanda de transporte mediante la recolección de información primaria, que permita complementar el modelo de transporte como herramienta para la formulación del plan de infraestructura de transporte

TABLA DE CONTENIDO

1. TOMA DE INFORMACIÓN 5

DISEÑO DE INSTRUMENTOS PARA LA TOMA DE INFORMACIÓN 5

1.1.1.MODO CARRETERO 6

1.1.2.MODO FLUVIAL 9

1.1.3.GENERADORES DE CARGA 11

1.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN 11

1.2.1.MODO CARRETERO 11

1.2.2.MODO FLUVIAL 14

1.2.3.GENERADORES DE CARGA 17

2. CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE TRANSPORTE 25

2.1. DEFINICIÓN DE LOS SEGMENTOS DE DEMANDA PARA EL MODELO DE TRANSPORTE 25

2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA OFERTA INTERMODAL 28

2.2.1.RED CARRETERA 29

2.2.2 RED FÉRREA 40

2.2.3.RED FLUVIAL Y ZONAS PORTUARIAS 42

2.3. DEFINICIÓN DE LA DEMANDA DE LA SITUACIÓN BASE 49

2.4. MODELOS DE ELECCIÓN 51

2.5. ARQUITECTURA DEL PROCESO DE MODELACIÓN 55

2.6. CALIBRACIÓN DEL ESCENARIO BASE 2022 59

TABLA DE CONTENIDO

3. ESTIMACIÓN DE DEMANDA PARA LOS CORREDORES 61

3.1. DEFINICIÓN DE LOS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA INTERMODAL EN LAS ZONAS CON POTENCIAL PRODUCTIVO 61

3.1.1.REVISIÓN DE INSTRUMENTOS DE FORMULACIÓN DE PLANES, PROGRAMAS Y PROYECTOS 62

3.1.2.CARACTERIZACIÓN CONCEPTUAL DE VIABILIDAD AMBIENTAL DE LOS CORREDORES PROPUESTOS 64

3.1.3.CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LOS CORREDORES 65

3.1.4.DEFINICIÓN DE CORREDORES A INCORPORAR 67

3.1.5.HORIZONTES TEMPORALES DE IMPLEMENTACIÓN DE CORREDORES 69

- CORREDOR MITÚ – GRANADA 69
- CORREDOR TUMACO – PUERTO CARREÑO 70
- CORREDOR RÍO CAQUETÁ – MOCOA 72
- CORREDOR RÍO PUTUMAYO – MOCOA 73
- CORREDOR TUMACO – TURBO 74

3.2. PROYECCIÓN DE DEMANDA DE CARGA, PASAJEROS Y AUTOS 76

3.2.1.ESCENARIOS DE MODELACIÓN 76

3.2.2.ALCANCE GEOGRÁFICO PROYECCIÓN DE DEMANDA 77

3.2.3.GENERALIDADES DE MODELO GENERAL DE PROYECCIÓN DE DEMANDA 78

3.2.4.MODELOS PROYECCIÓN DE DEMANDA 79

TABLA DE CONTENIDO

3.2.5.TASAS DE CRECIMIENTO FUTURAS 82

3.3. RESULTADOS PARA ESCENARIOS DE OPERACIÓN FUTURA 89

3.3.1.RESULTADOS DE ESCENARIOS DE SENSIBILIDAD POR DEMANDA 92

3.3.2.RESULTADOS DE ESCENARIOS DE SENSIBILIDAD POR OFERTA 94

3.3.3.ANALISIS CAPTACIÓN DE DEMANDA PROYECTOS 95

4. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES 99

4.1. RECOMENDACIONES OPERATIVAS Y TÉCNICAS PARA LOS CORREDORES INTERMODALES 99

1.TOMA DE INFORMACIÓN

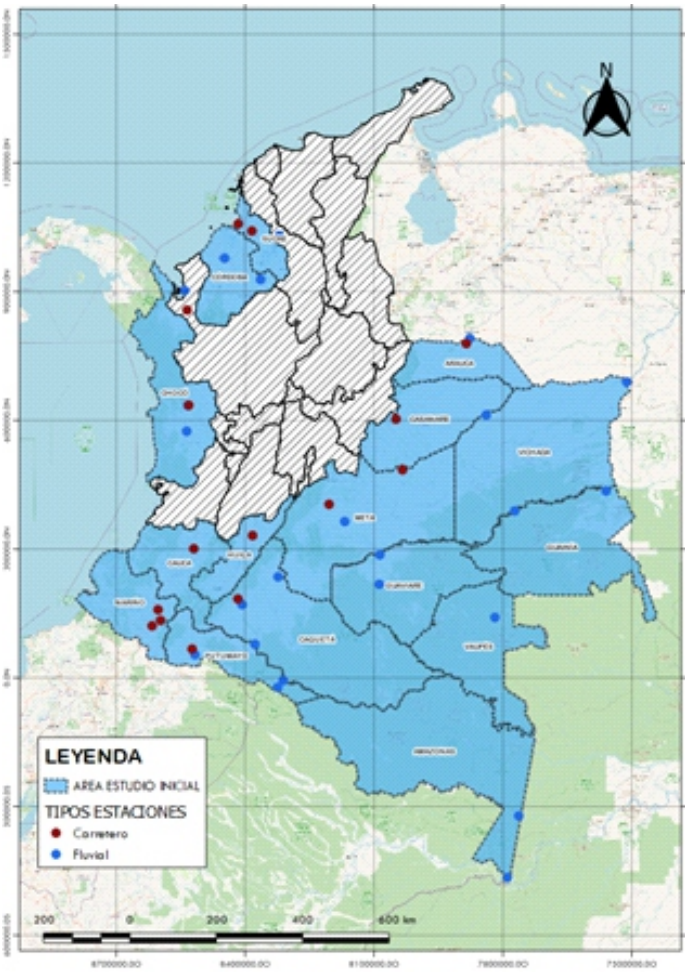
Diseño de Instrumentos para la Toma de Información

Con el propósito de planificar la recopilación de información sobre la demanda de transporte, en los modos carretero y fluvial, en los 16 departamentos del área de estudio, se llevó a cabo una consulta de diferentes fuentes de información y geo portales, dentro de los que destacan:

- INVIAS
- ANI
- SUPERINTENDENCIA DE TRANSPORTE
- MINTRANSPORTE
- DANE
- IGAC
- RUES
- DANE
- DIAN

A partir de la información secundaria consultada, y las retroalimentaciones obtenidas de parte de la UPIT, se definió un primer enfoque de toma de información en 38 estaciones, entre carreteras y fluviales para ejecución de estudios de demanda por interceptación en vía. En la Figura 1 se presentan la localización de las estaciones planteadas.

Un segundo enfoque de la toma de información es el relacionado con las empresas generadoras de carga. Para ellos se tuvo el objetivo de entrevistar a un conjunto de productores o comercializadoras, que fue definido a partir de información secundaria contenida en bases de datos secundarias. En línea con el objetivo del estudio, se buscó encuestar a los principales generadores de carga de los 16 departamentos en la zona de análisis. Para ello, se construyó una base de 380 empresas distribuidas en estos departamentos, seleccionando las mayores generadoras de los municipios y capitales en cada departamento, en una proporción del 80% y 20%, respectivamente.



1.1.1. Modo Carretero

1.1.1.1. Encuestas de Interceptación Origen – Destino (carga)

Tuvo como objetivo caracterizar la carga transportada por carretera, variables operacionales del viaje, y puntos de origen y destino, entre otros. El estudio se realizó sobre en de peaje o estaciones de servicio a través de encuestas de interceptación a conductores. Para el desarrollo de este estudio se esperó contar con la autorización y acompañamiento de las autoridades. Sin embargo, como se mencionará más adelante, en algunos puntos no se tuvo la autorización esperada.

Para definir la muestra del estudio, se tomó como marco muestral los registros diarios de tránsito por tipología de camiones (C2P, C2G, C3-C4, C5, C6+) del RNDC, suministrado por la UPIT. A través de un proceso de muestreo aleatorio doblemente estratificado probabilístico proporcional, se determinó que debían encuestarse 460 camiones, distribuidos como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1 Distribución estadística de la muestra, por estación y tipología de vehículo

ID Estación	Estación i / vehículo j	Camiones C2P	Camiones C2G	Camiones C34	Camiones C5	Camiones C6M	TOTAL
3	Tunia	35	16	6	5	13	**75**
20	Chigorodó	17	16	12	3	7	**55**
9	Las Flores	15	15	6	5	11	**52**
4	Neiva	19	9	7	4	10	**49**
11	El Placer	20	9	4	2	5	**40**
2	Cano	13	6	2	3	7	**31**
7	Aranguaney	9	7	4	4	6	**30**
1	Iraca	13	5	1	1	2	**22**
5	Yucao	4	3	2	5	7	**21**
12	Florencia	10	5	2	1	1	**19**
18	Quibdó	5	5	5	1	1	**17**
8	Caimanera	4	3	4	1	3	**15**
22	Pasto Este	5	3	1	1	3	**13**
16	Santa Ana	4	2	1	1	3	**11**
13	Arauca	3	3	2	1	1	**10**
	TOTAL	**176**	**107**	**59**	**38**	**80**	**460**

1.1.1.2. Aforos vehiculares

Se levantó información en intervalos de 15 minutos en formato físico, registrando cualquier anormalidad en el flujo vehicular. El personal fue capacitado en el llenado del formulario y en la clasificación de los vehículos, que incluyó las siguientes categorías:

- Automóvil
- Motocicleta
- Vehículo pequeño con remolque
- Taxi
- Microbús
- Buseta
- Autobús
- Camión 2 ejes Pequeño
- Camión 2 ejes Grande
- Camión 3 ejes
- Camión 4 ejes
- Camión 5 ejes
- Camión 6 ejes o más

1.1.1.3. Tiempos de recorrido y velocidades red vial

La velocidad fue obtenida a través de una API de Google, un servicio que permite consultar tiempos de desplazamiento mediante una interfaz de programación de aplicaciones. Esta API proporciona acceso a la misma información que se encuentra en la página web de Google, con la ventaja de que los datos son en tiempo real. Sin embargo, una limitación importante es que no permite la consulta de datos históricos, por lo que solo se dispone de información actualizada al momento de la consulta. En la Figura 2 se presentan los corredores que fueron seleccionados para realizar la captura de la información.



1.1.1.4. Inventario de características físicas y operativas

Tuvo como objetivo la actualización de la red vial e infraestructura asociada, que resultó en uno de los insumos base del modelo de transporte. Las variables que se registraron en cada corredor fueron:

- Número de carriles
- Longitud del tramo
- Ancho de vía (según modo)
- Tipo de faja separadora
- Tipo de terreno
- Tipo de superficie
- Estado actual superficie

1.1.1.5. Encuestas PD a conductores

Como parte anexa a la encuesta de interceptación Origen – Destino, se presentó este instrumento adicional a los conductores, el cual tuvo como objetivo de valorar las preferencias de los conductores respecto a los atributos de tiempo y costo que permitiesen modelar los procesos de elección de ruta de los transportadores al movilizar la carga por los distintos corredores e infraestructura del país. Para este estudio se le presentaba a los conductores cuatro alternativas hipotéticas de ruta donde obtenían un ahorro en tiempo, pero un incremento en costo. El conductore expresaba su elección en cada una de las alternativas presentadas.

Una vez realizado el proceso de estimación de la muestra, se determinó la necesidad de recopilar al menos 900 encuestas.

1.1.1.6. Ocupación Visual

Tuvo como objetivo conocer el nivel de ocupación de las diferentes unidades de los modos de transporte que transitan por periodo de tiempo (veh/hora) determinando la relación oferta (plazas) - demanda (pasajeros) y la variación horaria.

Se identificó el nivel de ocupación, a través del ejercicio de observación para las categorías de autos, camperos, camionetas, microbuses, busetas y autobuses.

1.1.1.7. Encuesta de Satisfacción de uso de infraestructura

La encuesta de satisfacción del uso de la infraestructura buscó recolectar las percepciones de los usuarios frente a algunas variables geométricas y operacionales de la infraestructura intermodal en Colombia para poder reflejar aquellos elementos relevantes de uso de esta a través de diferentes métricas. Se implementó de un cuestionario diseñado para abordar áreas clave que tienen un impacto directo en la experiencia de uso. Este incluyó elementos y variables como características geométricas de la infraestructura, así como las operacionales como velocidad, composición vehicular, entre otras. Adicionalmente, se buscó entender la satisfacción de los conductores con las dimensiones actuales, e indagar sobre cómo estas dimensiones afectan la comodidad y la sensación de seguridad durante el trayecto.

Para determinar el tamaño de muestra para este ejercicio, se siguió el mismo procedimiento de las encuestas Origen – Destino (460 encuestas).

1.1.2. Modo Fluvial

Inicialmente se llevó a cabo un ejercicio de recolección de datos refrentes al transporte en la jurisdicción de cada Inspección Fluvial. Con ellos, fue posible identificar aquellas zonas en donde existe el movimiento de carga utilizando el modo fluvial. Con ello fue posible establecer aquellos muelles y embarcaderos que resultarían ser objetivo del estudio.

1.1.2.1. Entrevistas a Inspectores Fluviales y/o empresas de transporte fluvial de carga

Se identificó a los Inspectores Fluviales como actores que están constantemente involucrados con el desarrollo de las operaciones de transporte fluvial en el país. Es por ello que, las entrevistas a los Inspectores Fluviales permitieron obtener una visión experta sobre la navegabilidad de los ríos, identificando obstáculos, cambios en el lecho del río y otros factores que pueden influir en la seguridad y la eficiencia del transporte fluvial. Por otro lado, las entrevistas a los transportadores de carga ofrecieron una perspectiva valiosa sobre las condiciones reales

que enfrentan en su operación diaria, incluyendo información sobre niveles de agua, la presencia de bancos de arena, obstáculos temporales, y otros aspectos que afectan su capacidad para transportar mercancías de manera efectiva; además de las necesidades que identifican como prestadores de servicios de transporte.

De acuerdo con lo anterior, se plantearon entrevistas a Inspectores Fluviales y transportadores de carga, con el objetivo de recopilar información precisa y detallada (principalmente cualitativa) sobre las condiciones de los ríos, que complementara aquella obtenida a partir de fuentes secundarias.

1.1.2.2. Identificación de embarcaciones

La función de esta información fue conocer el nombre común que se maneja para las embarcaciones fluviales en la zona de estudio, así como sus características y poder estandarizar las diferentes clases encontradas en la zona de estudio.

Para conocer la información se entrevistó al motorista, lanchero, o capitán de la embarcación recopilando el nombre común de la embarcación, el nombre técnico, capacidad, tipo de energético, tipo de motor, entre otros.

1.1.2.3. Encuesta de Interceptación Origen – Destino Fluviales

Se buscaba conocer y caracterizar los puntos de inicio y finalización de la movilización de carga en una ruta, muelle o puerto fluvial.

Entre los aprendizajes obtenidos, cabe señalar que la operación del transporte fluvial en el país no es comparable con la de otros modos, ya que en muchos muelles y puertos fluviales no existe una operación constante ni organizada. Por lo tanto, para definir un periodo de recolección de información en transporte fluvial, es necesario ajustar la planeación de campo a los momentos de mayor concentración de despachos, los cuales pueden ocurrir en días específicos de la semana, o según el volumen de carga. Las empresas de transporte fluvial y los Inspectores Fluviales resultan ser actores fundamentales para planear estos ejercicios de toma de información.

1.1.2.4. Inventario de características físicas y operativas Modo Fluvial

Esta actividad tuvo, por una parte, el objetivo de caracterizar la infraestructura de puertos, muelles y embarcaderos; por otro lado, buscó conocer acerca de las condiciones de navegabilidad de los cursos fluviales, en asuntos relacionados con la estacionalidad por asuntos climáticos, presencia de restricciones como son raudales, empalizadas, entre otros elementos.

Se programó realizar el levantamiento de esta información, de forma simultánea a la realización de las encuestas de Origen – Destino.

1.1.3. Generadores de Carga

1.1.3.1. Entrevistas a generadores de carga

Tuvo como objetivo caracterizar aspectos clave en la toma de decisiones sobre el transporte de carga, incluyendo tipología de carga, modos de transporte, niveles de satisfacción y percepción, datos de flota, tiempos de viaje, y confiabilidad de rutas. Se identificaron generadores de carga usando bases de datos secundarias (RNDC, DANE, DIAN, RUES) y, tras depuración, se seleccionaron como población las empresas productoras y/o comercializadoras en 16 departamentos, excluyendo operadores logísticos. Con un muestreo aleatorio estratificado, se definió una muestra de 380 generadores de carga. Debido a las características del estudio, se optimizó un formulario de encuesta para que pudiera ser aplicado tanto de forma presencial como virtual sincrónica. El formulario se estructuró en tres módulos: caracterización del generador, caracterización de carga, y proyección de generación futura.

1.1.3.2. Caracterización de elecciones de los generadores de carga (PD)

Buscaba simular el comportamiento de los generadores de carga ante diferentes alternativas de costos, tiempos, transferencias, niveles de servicio, confiabilidad, entre otros aspectos relevantes asociados a las alternativas de transporte hipotéticas que describían las posibles situaciones de operación de los proyectos de transporte. Las encuestas de Preferencias Declaradas complementaban la información recopilada en las entrevistas a los generadores y los módulos que esta incluye. Asimismo, estas encuestas se realizaron a los mismos generadores entrevistados, una vez se finalizaba con la encuesta principal.

Debido a los requisitos de los modelos de elección discreta que se estimarían con esta información y para asegurar que el tamaño muestral fuera adecuado para medir las preferencias de los generadores, se realizó un proceso de validación y estimación de la muestra mínima de preferencias declaradas necesaria, obteniéndose un total de 270 encuestas PD.

1.2. Recolección de Información

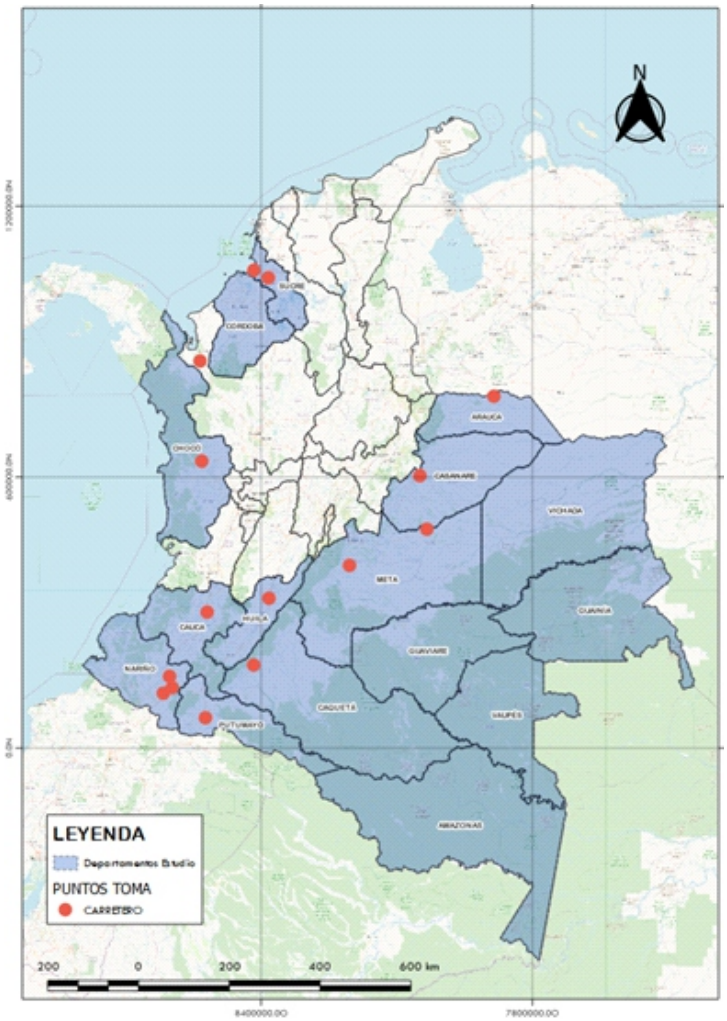
1.2.1. Modo Carretero

Fueron 15 estaciones de toma ubicados en los municipios de Granada, Chachagüí, Piendamó, Neiva, Puerto López, Yopal, Coveñas, Morroa, Tangua, Florencia, Arauca, Puerto Asís, Quibdó, Chigorodó y Pasto. A continuación, en la Tabla 2 se señala si en el punto de toma carretero, correspondía a una estación de peaje o no y en la Figura 3 se presenta la localización de las estaciones mencionadas.

Tabla 2. Puntos de Toma Modo Carretero

PUNTO DE TOMA	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	ENTIDAD	PEAJE (SI/NO)
CANO	Chachagüí	Nariño	INVIAS	Si
TUNIA	Piendamó	Cauca	INVIAS	No
ARANGUANEY	Yopal	Casanare	INVIAS	No
FLORENCIA	Florencia	Caquetá	INVIAS	No
ARAUCA	Arauca	Arauca	INVIAS	No
QUIBDÓ	Quibdó	Chocó	INVIAS	No
IRACA	Granada	Meta	ANI	Si
NEIVA	Neiva	Huila	ANI	Si
YUCAO	Puerto López	Meta	ANI	Si
LAS FLORES	Morroa	Sucre	ANI	Si
CAIMANERA	Coveñas	Sucre	ANI	No
SANTA ANA	Puerto Asís	Putumayo	ANI	No
CHIGORODÓ	Chigorodó	Antioquia	ANI	No
PASTOESTE	Pasto	Nariño	INVIAS	No
EL PLACER	Tangua	Nariño	ANI	Si

Figura 3. Puntos de Toma Modo Carretero



La toma de información se llevó a cabo entre el 27 de noviembre de 2023 y el 13 de diciembre de 2023.

Con respecto a la tasa de respuesta y ejecución de los ejercicios se realizó en promedio el 90,4% de las interceptaciones planteadas en cada una de las estaciones de toma; no se logró la totalidad de la recolección por problemas relacionados con permisos de peajes y orden público. En la Tabla 3 se presenta el resumen de estudios realizados..

Departamento	Municipio	Punto de toma	Encuesta Origen Destino	Aforos vehiculares	Ocupación Visual	Encuesta Preferencia Declaradas	Inventario vial	OBSERVACIÓN
Meta	Granada	Iraca	SI	SI	SI	SI	SI	
Meta	Puerto López	Yucao	SI	SI	SI	SI	SI	
Casanare	Yopal	Araguaney	SI	SI	SI	SI	SI	
Arauca	Arauca	Arauca	SI	SI	SI	SI	SI	
Sucre	Coveñas	Caimanera	SI	SI	SI	SI	SI	
Sucre	Morroa	Las Flores	SI	SI	SI	SI	SI	
Chocó	Quibdó	Quibdó	SI	SI	SI	SI	SI	
Antioquia	Chigorodó	Chigorodó	SI	SI	SI	SI	SI	
Nariño	Chachagüí	Cano	SI	NO*	SI	SI	SI	
Cauca	Piendamo	Tunia	SI	SI	SI	SI	SI	
Huila	Neiva	Neiva	SI	NO*	SI	SI	SI	
Nariño	Tangua	El Placer	X	X	X	X	X	Ante falta de permisos no permiten realizar la toma de información ni en peaje ni en zonas aledañas al punto
Caquetá	Florencia	Florencia	SI	SI	SI	SI	SI	
Putumayo	Puerto Asís	Santa Ana	SI	SI	SI	SI	SI	
Nariño	Pasto	Pasto Este	X	SI	SI	X	SI	Ante falta de acompañamiento de policía para toma de información, se trató de implementar personal con paleta (PARE/SIGA) sin embargo fueron retirados por policía y no se pudo obtener muestra para encuestas OD, PD y Satisfacción.
		TASA EJECUCIÓN	**86,67%**	**92,31%**	**93,33%**	**86,67%**	**93,33%**	

*En las estaciones de Neiva y Cano, desde la planeación de la toma de información, no se propuso realizar aforos debido a que en estas estaciones se encuentran peajes.

1.2.2. Modo Fluvial

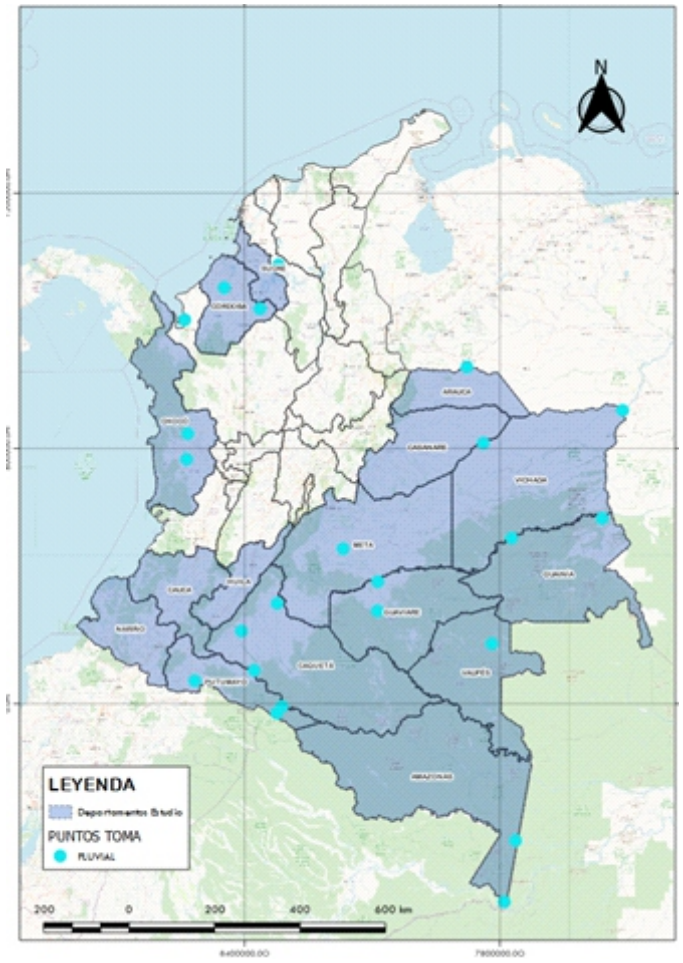
Entre el 27 de noviembre de 2023 y el 13 de diciembre de 2023, se llevó a cabo la recolección de información en los puntos definidos en el Producto 2 de este estudio "Diseño y validación de instrumentos para el componente fluvial" que incluyó los siguientes elementos:

- Entrevistas a inspectores fluviales y/o empresas de transporte fluvial de carga
- Identificación de embarcaciones
- Encuestas Origen-Destino
- Inventario de características físicas y operativas

Fueron 23 estaciones de toma ubicados en los siguientes municipios: Leticia, Inírida, Puerto Carreño, La Primavera, Tarapacá, Calamar, San José Del Guaviare, Puerto Lleras, Arauca, San Vicente Del Caguán, Istmina, Quibdó, Puerto Asís, Leguizamo, Solano, Florencia, Puerto Arango, Leguizamo, como se puede apreciar en la Figura 4.

De estos 23 puntos, 2 fueron relocalizados a los municipios de San Marcos y San Benito Abad en Sucre, pues no se encontraban en los municipios de estudios; y otros 2 puntos (Mitú y Barrancominas) no se ejecutaron pues al realizar la revisión de reportes se encontró que no había transporte de carga en estos puertos.

Figura 4. Puntos de Toma Modo Fluvial



En la Tabla 4 se presenta el consolidado de estudios realizados en cada uno de los puntos mencionados:

Tabla 4. Estudios Modo Fluvial por estación

Departamento	Municipio	Estación fluvial	Caracterización Infraestructura fluvial	Entrevista e empresas fluviales	Entrevista a Inspectores Fluviales	Identificación de embarcaciones	OD Fluvial	OBSERVACIÓN
Arauca	Arauca	Arauca	SI	SI	SI	SI	SI	
Meta	Puerto Lleras	Puerto Lleras	SI	X	X	SI	SI	
Guaviare	Calamar	Calamar	SI	SI	SI	SI	SI	
Guaviare	San José del Guaviare	San José del Guaviare	SI	SI	SI	SI	SI	
Córdoba	Montería	Montería	SI	SI	SI	SI	SI	
Sucre	San Marcos	San Marcos	SI	X	X	SI	SI	
Putumayo	Leguízamo	Leguízamo	SI	X	SI	SI	SI	
Putumayo	Puerto Asís	Puerto Asís	SI	SI	SI	SI	SI	
Caquetá	Solano	Solano	SI	SI	SI	SI	SI	
Putumayo	Tagua	Tagua	SI	SI	SI	SI	SI	
Caquetá	Florencia	Puerto Arango	SI	SI	SI	SI	SI	
Caquetá	San Vicente del Caguán	San Vicente del Caguán	SI	X	X	SI	SI	
Chocó	Istmina	Istmina	SI	X	SI	SI	SI	
Chocó	Quibdó	Quibdó	SI	SI	X	SI	SI	
Sucre	San Benito Abad	San Benito Abad	SI	SI	X	SI	SI	
Córdoba	Ayapel	Ayapel	SI	SI	X	SI	SI	
Amazonas	Tarapacá	Leticia	SI	X	X	X	X	
Vichada	Puerto Carreño	Puerto Carreño	SI	X	SI	X	SI	
Vichada	La Primavera	La Primavera	SI	X	X	X	SI	
Guainía	Puerto Inírida	Puerto Inírida	SI	SI	SI	SI	SI	
Amazonas	Leticia	Leticia	X	X	X	X	X	No se pudo realizar levantamiento de información debido a problemas de orden público

Adicional a esta recolección de información en puntos especificos, la planificación de los estudios de campo para el modo fluvial abarcó tanto cursos fluviales con servicio público de transporte fluvial de carga como aquellos sin una ruta formalmente establecida. Para el primer acercamiento a la caracterización de la operación fluvial, se empleó un enfoque que incluyó entrevistas a inspectores fluviales y transportadores de carga, con el fin de recopilar información que complementara la obtenida de fuentes secundarias.

Se caracterizó la carga movilizada en el transporte fluvial, dimensionando los volúmenes transportados en las categorías pertinentes al estudio y la cantidad de despachos para los procesos de expansión a periodo anual. Esta actividad implicó la articulación de herramientas como las estadísticas fluviales históricas y las encuestas a inspectores y transportadores de carga para validar o complementar la información. El periodo de toma de información se ajustó a los días de concentración de despachos para maximizar la cantidad de información obtenida.

Las actividades de recolección de información primaria fueron las siguientes:

Las entrevistas a inspectores fluviales y empresas de transporte fluvial de carga se realizaron con el propósito de obtener datos sobre las condiciones de los ríos. Las inspecciones fluviales (Ministerio de Transporte, 2018) cumplen funciones de coordinar y controlar los puertos y vías fluviales, realizar inspecciones técnicas a las embarcaciones, controlar los permisos de zarpe, y coordinar campañas de seguridad fluvial. Los inspectores fluviales, identificados como actores clave, aportaron su visión sobre la navegabilidad de los ríos, señalando obstáculos y cambios en las condiciones del río que influían en la operación del transporte fluvial. Por su parte, los transportadores de carga describieron las condiciones reales de operación, tales como niveles de agua, bancos de arena y otros aspectos que afectaban su capacidad para transportar mercancías. Para la toma de información, se identificaron 17 inspecciones fluviales en la zona de estudio del proyecto y se hizo contacto previo con los funcionarios a cargo. Las encuestas a los inspectores fluviales se aplicaron en fechas y horas concertadas, mientras que a las empresas de transporte fluvial de carga se les aplicó el instrumento en los lugares y periodos de toma de información de origen y destino de la carga fluvial.

La encuesta de interceptación origen-destino fluvial tuvo como función registrar los puntos de inicio y finalización de la movilización de carga en una ruta, muelle o puerto fluvial. Este instrumento permitió evaluar las necesidades de movilización de los usuarios, registrando el total de embarcaciones y el volumen de carga entre pares origen-destino. Tras la socialización con el personal de las embarcaciones y la confirmación de condiciones seguras para la interceptación, se realizaron las encuestas a las embarcaciones en los puntos de espera o llegada. Durante la toma de información, se preguntó por las categorías de carga (general e hidrocarburos) y por los productos transportados, empleando las tipologías utilizadas en el modo carretero para la posterior segmentación en el procesamiento. Se llevó un registro consecutivo de cada encuesta para asociarlas a los datos claves del instrumento (sitio, río, inspección fluvial) y garantizar su seguimiento.

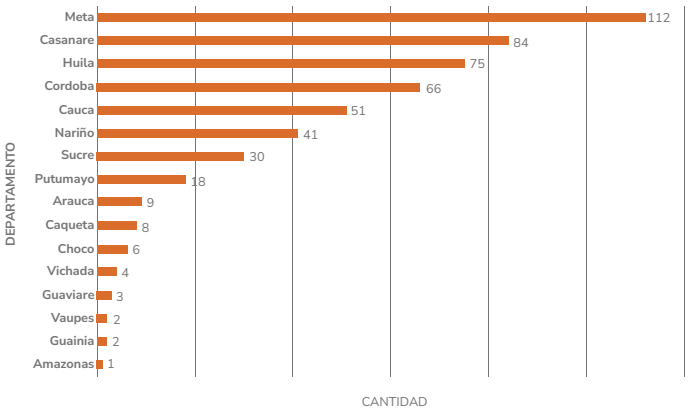
Dado que la información recabada en campo resulta limitada para la caracterización detallada de la operación fluvial a nivel anual, se fortaleció el análisis con información secundaria de mayor solidez estadística, específicamente estadísticas fluviales históricas (Ministerio de Transporte, 2024). Estas fuentes, al ser registradas de manera continua y mensual, ofrecen una mayor confiabilidad y permiten realizar análisis más completos sobre los volúmenes y características de carga transportada, así como los patrones de operación. Esta decisión aseguró que el estudio tuviera un sustento estadístico adecuado, complementando las observaciones obtenidas en el trabajo de campo.

1.2.3. Generadores de Carga

Entre los meses de diciembre de 2023 y marzo de 2024, se llevó a cabo el ejercicio de entrevistas a empresas generadoras de carga en los 16 departamentos, el estudio de encuestas de preferencia declarada y de manera complementaria las entrevistas a asociaciones regionales.

La aplicación de las entrevistas a generadores de Carga tuvo como resultado la recopilación de 513 entrevistas y presentó una mayor concentración en el departamento del Meta con un total de 112 entrevistas, seguidas de los departamentos de Casanare, Huila y Córdoba, como se puede apreciar en la Figura 5.

Figura 5. Entrevistas a Generadores por Departamento

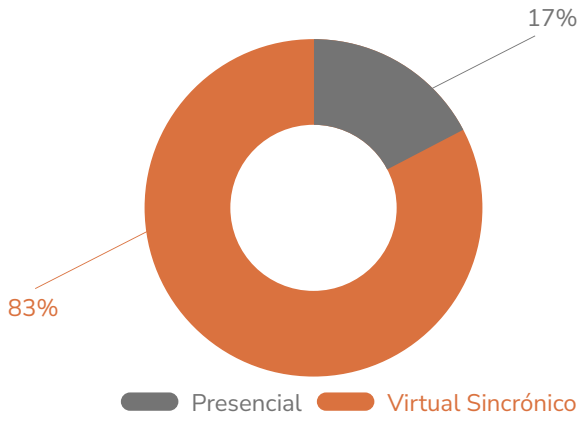


Es importante señalar que, en el diseño muestral de este ejercicio, las 380 encuestas se distribuyeron entre las 16 capitales y 52 municipios de los departamentos objeto de estudio. Sin embargo, al finalizar el proceso de recolección de información, se logró cubrir las 16 capitales y 113 municipios en los 16 departamentos de la zona de estudio.

Posteriormente, de este total de encuestas se determinaron como efectivas 404, ya que se revisaron aquellas en que las empresas encuestadas originaban su carga en alguno de los 16 departamentos de la zona de estudio. Las restantes 109 encuestas reflejaban las respuestas de generadores cuya carga tenía como destino alguno de los 16 departamentos de la zona de estudio. Estas encuestas adicionales, fueron igualmente utilizadas para realizar análisis relacionados a la atracción de carga.

En cuanto a la modalidad de aplicación de la encuesta, el 83% se realizaron de forma virtual sincrónica y el restante 17% de forma presencial, como se muestra en la Figura 6

Figura 6. Modalidad de entrevistas aplicada



Como parte de la encuesta a generadores, durante la misma sesión, se presentó a las empresas la encuesta de Preferencia declarada (PD), con el objetivo de evaluar el proceso de elección de modo de transporte de los generadores de carga y los principales factores que afectan tales decisiones. Luego de la aplicación de los trabajos de campo se entrevistó un total de 90 generadores de carga, a los cuales se les aplicó el instrumento de Preferencias Declaradas (PD). En cada entrevista se presentaron 6 situaciones de elección, por lo cual se obtuvo un total de 540 observaciones para la estimación de los modelos.

1.3. Aprendizajes y Recomendaciones

A continuación, se presentan los principales aprendizajes y dificultades encontradas durante el desarrollo de la campaña de levantamiento de información:

Durante los ejercicios de toma de información carretera, se encontró que:

- Los encargados de los peajes solicitaban el redireccionamiento y desconocimiento de las solicitudes pese a las comunicaciones y solicitudes enviadas por el consorcio con carta de presentación de la entidad, por lo que fue necesario realizar varios envíos sobre el tema antes de recibir aprobación para el desarrollo del trabajo. No se recibió ninguna aprobación por escrito y solo en 3 de ellos se pudo adelantar la labor.
- Con relación a los acercamientos con policía se encontró una negativa general de apoyo, sin una orden expresa del comando central, según informaron verbalmente, fue una directriz dada a todas las comandancias por condiciones de orden público. En algunos sectores direccionaron con autoridades de tránsito, donde se lograron apoyos parciales.
- Por instrucciones de la policía, para tomas de aforos vehiculares y ocupación visual, fue necesario reubicar el punto de toma y no utilizar chalecos o ninguna identificación que pudiera poner en riesgo la seguridad del personal de campo.
- Para la realización de ejercicios en peajes se recomienda contactar a la entidad que tiene a cargo o en concesión el mismo, de manera que sean ellos quienes notifiquen oficialmente a sus operadores acerca de las actividades que se llevarán a cabo, esta actividad debe realizarse de manera pronta todo caso que los tiempos de solicitud de requerimientos y aprobación son superiores al mes. Adicionalmente, es importante que las entidades estatales promotoras de los diferentes estudios (UPIT, Mintransporte, etc), comuniquen a las autoridades acerca de las actividades que se llevan a cabo, de manera que los comandos y estaciones locales de Policía Nacional, Ejército y/o Armada Nacional, brinden su apoyo y autorización, aun mas con el conocimiento de las pocas condiciones de seguridad de algunos municipios en sus corredores viales que imposibilitan tareas sobre vía.

Durante la realización de los ejercicios de campo del componente fluvial se encontraron los siguientes problemas:

- Se evidenció el abandono total y precariedad y falta de control en algunos puertos, el personal encargado de la toma encontró que los Inspectores Fluviales no hacían presencia de manera regular en los puntos y no tenían, en la mayoría de los casos, registros e información relevante sobre la operación del mismo.
- Se encontró desactualizada la información de operación actual de algunos de los puertos, situación que aumentó los tiempos de ejecución de las actividades y en algunos casos la imposibilidad de las labores.
- Desconocimiento total de algunas de las autoridades sobre el territorio y funciones bajo su responsabilidad.
- Para el punto de Leticia Amazonas se presentaron problemas de orden público con el personal que se encontraba realizando el estudio y no fue posible obtener información, de manera similar en la estación de Quibdó no fue posible realizar el levantamiento de todas las variables establecidas como consecuencia de la situación de orden público del sitio, que no permite al personal la captura total de la operación, cobra importancia en este caso que los inspectores consoliden la información de cada uno de los puertos de su jurisdicción de

manera más eficiente y eficaz.

- Desconfianza de las personas por el tipo de información a recopilar, la información del estudio genera algún malestar por parte los usuarios y prestadores del servicio por indagar sobre el tipo de mercancía y precios.
- Inseguridad en muchos de los puertos en los que se realizaba el trabajo.
- Desconocimiento de cuál es la autoridad encargada del gobierno, por parte de los motoristas que operan en el rio. Las personas preguntan que no conocen a los funcionarios.

Como aprendizaje resultante de estos ejercicios, nuevamente se identifica la necesidad de gestionar las comunicaciones con todos los posibles interesados en los estudios que se lleven a cabo en el territorio y realizar jornadas de sensibilización sobre los alcances y el uso de la información, de manera que no se generen oposiciones de la población por un mal entendimiento del objetivo de los estudios.

Durante los ejercicios de entrevistas a generadores de caga se identificaron los mayores retos y dificultades a lo largo del proceso de levantamiento de información. A continuación, se listan las diferentes problemáticas a las que se enfrentó la consultoría:

- Cancelaciones de registros mercantiles: Al iniciar con el proceso del primer acercamiento, fue importante confirmar la información que se tenía en la base de datos y para eso se utilizó la página virtual del RUES (Registro Único Empresarial) en el registro mercantil, y así asegurar que la empresa se encontrara activa comercialmente ante las entidades institucionales. De esta forma se identificó que el 20% de empresas ya no estaban activas ante el RUES y 5% con un cambio en la razón social, todo caso que no se encuentran bases actualizadas que permitan la identificación de este fenómeno.
- Ausencia de operación de la empresa en el municipio de origen: En el proceso del primer acercamiento vía telefónica con las empresas, se evidenció que los municipios seleccionados correspondientes a los departamentos del Huila y Cauca no tenían centro de producción, o generación de carga según la información proporcionada por los encargados del área de producción de las misma pero sí eran destino de otros municipios que no hacían parte del área de estudio.
- Confidencialidad de información solicitada: Para algunas compañías la información solicitada tiene carácter confidencial, por lo que no se podía compartir con entidades ajenas a su organización.
- Obligatoriedad de la encuesta: Algunas empresas al entender que la encuesta no tiene carácter obligatorio y una vez consultada con su equipo jurídico, tomaron la decisión de no participar en el estudio.
- Reconocimiento de la UPIT: Muchas de las empresas contactadas no tenían conocimiento de la Unidad, por lo cual se hace necesario realizar un abordaje más amplio, contextualizar a la empresa a entrevistar y en ocasiones redireccionar estas comunicaciones para lograr concretar una cita o una autorización para la realización de esta.
- Re-agendamientos y cancelaciones por parte de generadores. Posterior a realizar un segundo acercamiento con la persona encargada, generalmente operador logístico o de transporte, se generaba un trámite adicional de autorización de gerencia, donde se dilataba hasta la no participación.
- La gerencia de algunas empresas no autorizaba la participación de la empresa en el proceso de encuesta porque consideraban que la información solicitada no debía ser publicada o compartida, como el pago de fletes, el movimiento económico durante el periodo anual y los destinos donde operan, manifestando que por orden público era complejo, o que la entrega de información era innecesaria ya que, si es para una entidad del gobierno nacional, ya debían tenerla en algunas de las entidades estatales.
- Una causa normal de los Re-agendamientos se originó por empalme de nuevos cargos, o por falta de agenda por actividades de inicio de año que no les permitía participar.
- Algunas empresas no tienen personal idóneo que tenga ese tipo de información, y luego de varios escalonamientos decidían no participar para no errar o por falta de voluntad
- Calendario de trabajo de empresas no coincidió con el inicio del ejercicio. Comenzando el mes de enero, la dificultad que más se presentó, fue la temporada vacacional del personal a cargo de la operación logística, jefe de transporte y en general de la parte administrativa quienes son las personas que autorizan cualquier proceso de entrega de información, o participación de la empresa en levantamiento de información
- Falta de información en la encuesta por desconocimiento del entrevistado. - Algunas personas temían que la encuesta tuviera fines de evaluación para posibles sanciones, aunque se hacía énfasis en que la información solo hacia parte de un estudio de generadores de carga y las necesidades o problemáticas que son importantes en la distribución de productos y servicios en materia de transporte y conectividad, para tener como referencia áreas de estudio que tienen poca participación o no han tenido en los planes de mejora de infraestructura vial y sus componentes complementarios
- Negación de permisos para aplicación de encuesta por temas jurídicos. El motivo que se evidenció en pocas empresas era la aplicación de estatutos o políticas de la empresa justamente para usarlo y no participar, dejando la percepción que no tenían voluntad y no porque la encuesta vulnerara algún derecho o afectara sus procesos productivos o de organigrama
- Centralización de las operaciones de las empresas: Si bien muchas empresas tienen operaciones en el área de influencia del estudio, centralizan gestión de sus operaciones en

las ciudades capitales, esto implica un escalamiento a nivel interno para solicitar autorización para la aplicación de la encuesta. En varios casos las entrevistas se tuvieron que realizar en Bogotá, Cali u otras ciudades principales.

- Disponibilidad de la información por parte de las empresas: Muchas empresas no manejan un consolidado de las rutas, volúmenes transportados y tiempos de transporte, lo cual implica una operatividad al interior de esta para consolidar los datos, este proceso puede demorar la respuesta al estudio dependiendo de la disponibilidad de la empresa para realizar dicha actividad.

Ante la gran cantidad de retos y dificultades encontradas, se adelantaron diferentes estrategias de mitigación para lograr una mayor participación por parte de las empresas generadoras de carga en el estudio, como las que se presentan a continuación:

(1) La presentación del estudio a Asociaciones regionales, nacionales, y Cámaras de Comercio presentes en los 16 departamentos de la zona de estudio. Con el objetivo de incentivar la participación de las empresas asociadas o inscritas para tener un mayor nivel de respuesta, aprovechando la "cercanía" que tienen con estas asociaciones o Cámaras de Comercio.

A pesar de los esfuerzos y la organización de estas reuniones, no se logró mejorar la tasa de respuesta ni motivar la participación por parte de nuevas empresas generadoras de carga. Aunque se consiguió socializar el estudio, se presentaron los objetivos, fases y alcances del proyecto a las entidades pertinentes, y se envió la información necesaria para su colaboración, los resultados no fueron los esperados. Como lección aprendida, se evidenció que los procesos de apalancamiento con entidades deben contar con mayores tiempos de espera para recibir respuestas de las empresas afiliadas que sean contactadas.

(2) Se buscó conseguir la participación de sectores de producción a nivel regional en el estudio mediante la implementación de encuestas adaptadas a las diferentes agremiaciones. Este procesó incluyó la identificación de sectores de producción a nivel regional en los departamentos del área de influencia para un posterior acercamiento e invitación a la participación de su gremio en el estudio.

Entre los 16 departamentos se obtuvieron un total de 63 datos de contacto, especialmente de asociaciones dedicadas a la agricultura, ganadería, piscicultura o minería. Adicional a estos datos se tuvieron en cuenta 7 bases de datos cada una con un amplio número de proveedores especialmente de alimentos. A partir de esta información, se buscó hacer contacto con las asociaciones y agremiaciones identificadas. En una primera fase, se contó con la disposición de 19 entidades a conocer el estudio.

Una vez el equipo encuestador presentó el objetivo de la encuesta y contactó nuevamente a las asociaciones, se tuvo una participación y recolección de información de 5 de ellas.

(3) Se llevaron a cabo brigadas de visitas buscando mejorar el porcentaje de respuesta mediante visitas presenciales a las empresas que no habían dado respuesta al contacto inicial, las cuales fueron identificadas, se localizó la ciudad sede central donde opera la empresa y se organizaron visitas con personal previamente capacitado y con la documentación e información necesaria para el acercamiento presencial con las áreas administrativas y gerenciales que permitieran obtener el aval para la participación en las encuestas.

El proceso de visitas implicó la verificación de la dirección obtenida a través de datos abiertos en internet de la empresa, la entrega de la carta de invitación al estudio por parte del consorcio y la carta de descripción de los estudios de la UPIT al ingresar a la empresa. Durante estas visitas, el personal buscaba establecer contacto con el personal logístico o de transporte de la empresa y agendar una entrevista para llevar a cabo la encuesta. En algunos casos, las empresas proporcionaron a los visitadores nuevos datos de contacto para hacer llegar la invitación al estudio, que fueron entregados a los encuestadores para iniciar el proceso de contacto con la nueva información.

Una vez finalizado este ejercicio se obtuvo un porcentaje de éxito de visitas (Encuestas realizadas después de la visita / Empresas visitadas) del 31%.

(4) Como se ha mencionado, la principal dificultad encontrada fue la baja tasa de respuesta por parte de las empresas generadoras de carga. En futuros estudios similares es remendable evaluar el tipo de información que se quiere recolectar de las empresas. Si la información es demasiado detallada, o que pueda ser de alto valor para la empresa, es probable que no la compartan ante la no obligatoriedad de responder a la encuesta.

(5) La utilización de mecanismos de participación virtual con interacción directa con los encargados de las empresas fue un ejercicio eficaz, que permitió reducir los problemas de ajuste de agendas entre los diferentes funcionarios de las empresas que debían participar por la información detallada y extensa que en la mayoría de los casos requería la participación desde varios municipios del país, esto genera optimización de recursos y efectividad de la actividad.

1.4. Estandarización de Datos

Una vez se finalizó el proceso de recolección de la información se

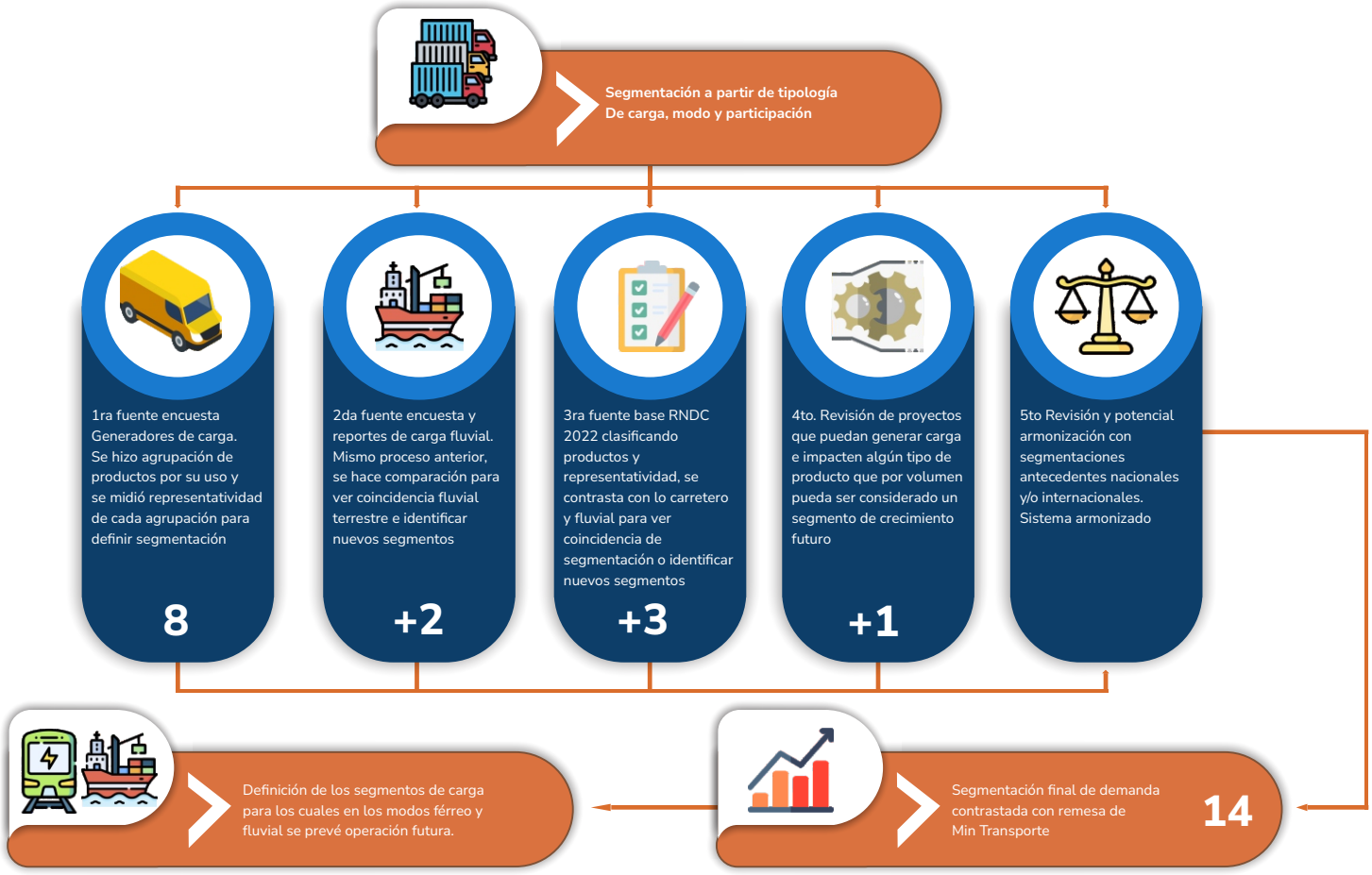
procedió a realizar una revisión, ajuste y depuración de las bases de datos. Durante estos procesos se hizo la revisión de todos los datos registrados con el fin de homologar las formas de escritura, los formatos de los campos y estandarización de los diferentes nombres, sentidos, rutas, puntos etc; Y una revisión y análisis detallado de los diversos registros recopilados durante el levantamiento en campo, asegurando su congruencia y corrigiendo posibles errores de digitación, vacíos o inconsistencias en los datos. Se llevaron a cabo tareas como la codificación de campos vacíos, la verificación de la correspondencia entre los pares origen y destino, y la complementación de información faltante, entre otras acciones. Este proceso garantizó la integridad y fiabilidad de los datos, preparándolos para su posterior análisis y uso.

2. CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE TRANSPORTE

2.1. Definición de los Segmentos de Demanda para el Modelo de Transporte

Se definió una metodología para la clasificación y agrupación de la carga generada y movilizada en cada uno de los modos de transportes, para lo cual se tuvo en cuenta el contexto del proyecto, con base en la información recopilada sobre las tipologías de carga (origen y uso), su participación porcentual y el modo de transporte. Este procedimiento se centró en comprender las necesidades de transporte de carga en el país, desde la necesidad de atracción para el consumo al interior de cada zona hasta la necesidad de poder sacar los productos generados al mercado nacional o internacional, especialmente en las Zonas con Potencial Productivo (ZPP).

Figura 7. Metodología general, definición de segmentos de demanda para Zonas con Potencial Productivo



En primer lugar, se estableció que un segmento debe representar una agrupación de productos según su uso, naturaleza u origen, asegurando que su representatividad por volumen de carga sea relevante dentro del total analizado, ya sea por modo o por fuente de información. Para alcanzar la definición de la segmentación, se llevaron a cabo seis pasos.

1. Recopilación de datos de encuestas: Se utilizó la información obtenida de encuestas a generadores de carga en las ZPP, revisando 504 registros de encuestas y identificando 49 tipos de productos. Estos se agruparon según criterios de jerarquía por volumen de carga, resultando en ocho segmentos iniciales.

2. Incorporación de datos fluviales: Se complementó la información de las encuestas con datos de carga en el modo fluvial. Se identificaron 27 tipos de productos que coincidían con los ocho segmentos definidos previamente. Se incorporaron dos segmentos adicionales relacionados con madera y mineral, y se mantuvo el segmento de alimentos para animales, aunque no se aplicó en este análisis.

3. Análisis del Registro Nacional de Carga (RNDC): Con los diez segmentos acumulados, se analizaron más de 83,000 datos del RNDC del año 2022, identificando un total de 1,142 tipos de productos. Se dividió la categoría de alimentos en dos segmentos: alimentos agro y alimentos procesados, debido a su alta participación porcentual. Se generaron dos nuevos segmentos: bebidas con y sin alcohol y producción industrial, sumando un total de 13 segmentos de carga.

4. Identificación de nuevos segmentos: Se consideró también la carga que podría incrementarse a partir de proyectos estatales en las ZPP. Se documentaron 383 proyectos, de los cuales 362 tenían el potencial de aumentar el movimiento de carga. Este análisis subrayó el segmento de animales vivos, en relación a los proyectos identificados.

5. Revisión de segmentaciones previas: Se realizó un reconocimiento de segmentaciones nacionales anteriores y se identificó información de estudios previos relevantes. Se evaluaron fuentes de segmentaciones referenciales como ALADI, el Sistema Armonizado y otras para corroborar la adecuada estructuración de los segmentos resultantes.

6. Validación de segmentos: Con base en los 14 segmentos definidos, se validaron contra más de 1.1 millones de remesas registradas en el Ministerio de Transporte para el año 2022. Se verificó que todas las remesas se clasifican correctamente dentro de los segmentos establecidos, confirmando que la segmentación es adecuada y alineada con la descripción del tipo de producto y su participación porcentual.

Como resultado se definieron 14 segmentos de productos que agrupan la totalidad de artículos que son generados, consumidos o utilizados y movilizados, sea desde las ZPP o con destino a las ZPP, basados en esta clasificación se hizo el ejercicio de modelación de carga.

Figura 8. Segmentación de demanda definitiva en ZPP



2.2. Caracterización de la oferta Intermodal

La red de transporte de carga en Colombia depende principalmente de las carreteras, que movilizan el 81% de la carga nacional, seguidas por los modos ferroviario (16%), fluvial (2%) y aéreo (1%). Las carreteras son la columna vertebral de esta red, y se dividen en vías primarias, secundarias y terciarias, con proyectos en curso para mejorar conectividad y tiempos de viaje. El sistema ferroviario, enfocado en minerales como el carbón, y las vías navegables, vitales en zonas con acceso limitado, complementan la red junto con puertos estratégicos en las costas para comercio exterior. Los ductos, especialmente para hidrocarburos, también son esenciales.

La red férrea de Colombia es limitada pero esencial para el transporte de carga pesada, especialmente carbón y minerales, conectando zonas productivas con puertos. La información sobre la red se basa en fuentes como la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), el Ministerio de Transporte y estudios del DNP. La longitud de los tramos modelados y sus costos de flete y velocidades de operación se presentan en tablas. Los tramos incluyen el Arco Ferroviario del Cerrejón, Fenoco, La Dorada-Chiriguaná, y Bogotá-Belencito. Las tarifas de flete varían según el tipo de carga y tramo, con costos que van desde 40.53 COP/Ton/Km a 87.06 COP/Ton/Km, y velocidades de operación que van desde 20 km/h hasta 40 km/h. La red fluvio-marítima en Colombia se centra en los cursos fluviales y marítimos con alta demanda de carga y pasajeros. Se incluyen ríos como el Amazonas, Guaviare, Magdalena, Meta, y Cauca. La longitud de los tramos se calcula considerando la sinuosidad de los ríos y se presenta para ambos sentidos de circulación. La información sobre los ríos se obtuvo a través de encuestas y estudios, organizados en cuatro regiones: Amazónica, Orinoquía, Pacífico y Caribe. Se identifican diecisiete ríos clave para el transporte fluvial en el país, con datos proporcionados por el Plan Amazónico de Transporte Intermodal (PATIS). La red de puertos en Colombia, clave para el comercio exterior, incluye puertos marítimos, fluviales y lacustres a lo largo de sus costas y ríos principales. Puertos como Cartagena, Barranquilla y Buenaventura son esenciales para importaciones y exportaciones. La gestión está a cargo de entidades como la Sociedad Portuaria de Buenaventura. Los puertos se caracterizan por tiempos de carga y descarga, y costos ajustados al IPC de 2022. La información de tiempos de despacho y tipo de carga se obtiene de estudios de la DIAN y el PMTI, permitiendo estimar los tiempos operativos y costos portuarios.

Las rutas marítimas colombianas hacia 11 hinterlands internacionales son clave para el comercio exterior. El costo del flete se calcula con base en un estudio del DNP (2019) y se expresa en pesos por tonelada de viaje. Las rutas seleccionadas tienen flujos comerciales significativos. Las estaciones de transferencia férrea y fluvial facilitan el transbordo entre diferentes modos de transporte, con tiempos y costos asociados para una logística eficiente. Los arcos de conexión modal permiten integrar transporte terrestre, férreo y fluvial, mientras que el transporte público carretero se representa mediante 778 rutas con tarifas y frecuencias específicas.

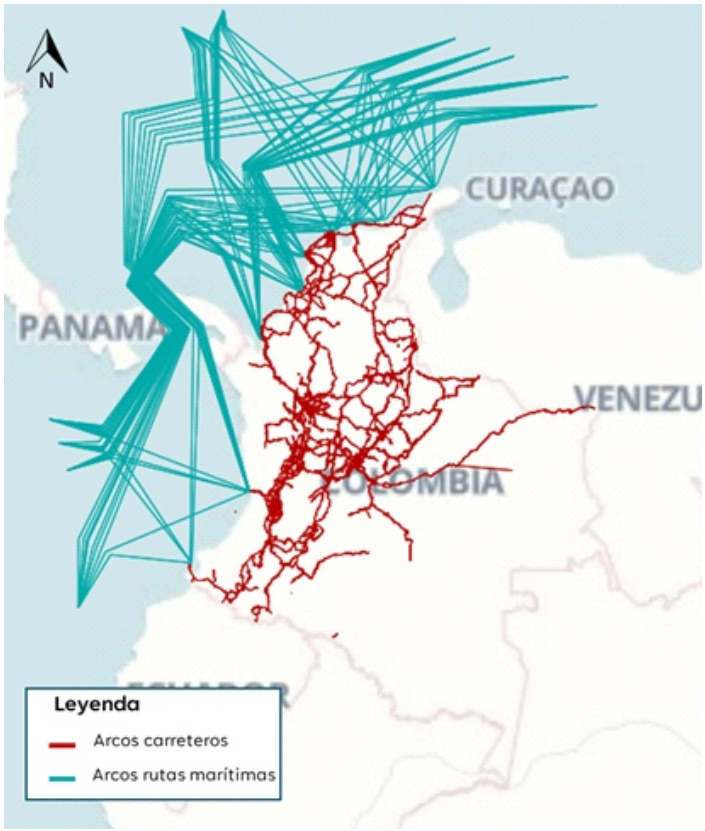
2.2.1. Red Carretera

El modelo de red de carreteras en Colombia se actualizó con el objetivo de representar adecuadamente la geometría de la infraestructura vial. Dicha actualización se realizó a partir de la herramienta Open Street Maps sobre la cual se ha construido la capa final de carreteras.

Se detallaron las carreteras a nivel urbano para mejorar la representación de las dinámicas de los flujos vehiculares y los pasos urbanos.

En el proceso de actualización, se realizó la caracterización de las condiciones físicas, operativas y de costos de peajes para el año base de modelación 2022. En la siguiente figura se puede apreciar la red vial carretera definida para el modelo base.

Figura 9. Red carretera modelo de oferta condición base

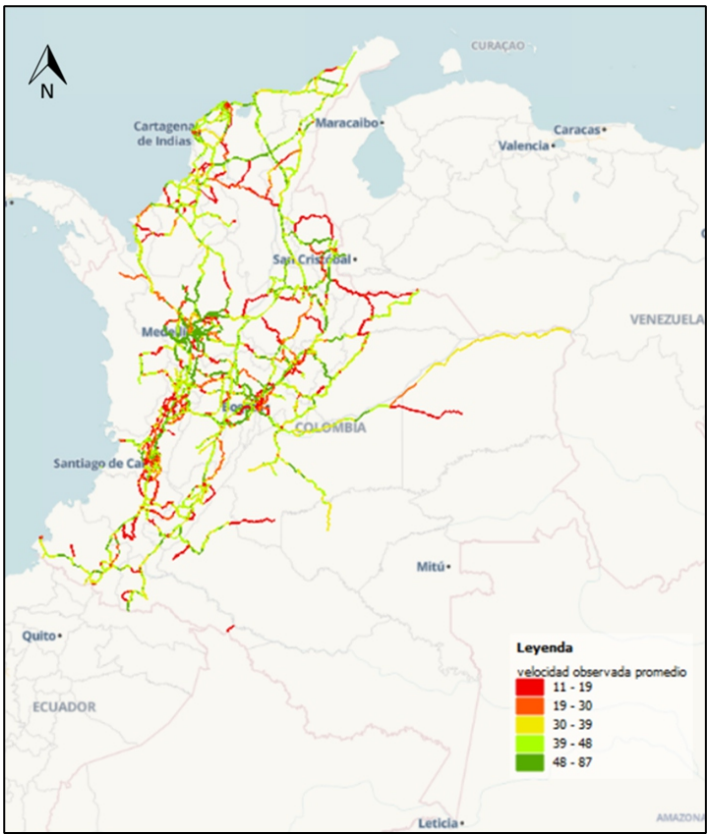


2.2.1.1. Velocidades de operación

La caracterización de velocidades en los corredores carreteros de Colombia se realizó utilizando información disponible en plataformas como Google Traffic, de donde se obtuvieron 183.260 registros de manera automática para los meses de abril y noviembre del 2022. Esta información se recopiló para 8 días del mes de abril para 472 tramos y durante 4 días del mes de noviembre para 1443 tramos en períodos que van desde una hora hasta 23 horas. Estas herramientas proporcionaron datos en

tiempo real sobre las condiciones de tráfico y las velocidades de operación. A partir de esta información, se caracterizó la velocidad promedio de operación para los arcos carreteros del modelo.

Figura 10. Caracterización velocidades carreteras condición base



2.2.1.2. Clasificación arcos viales carreteros

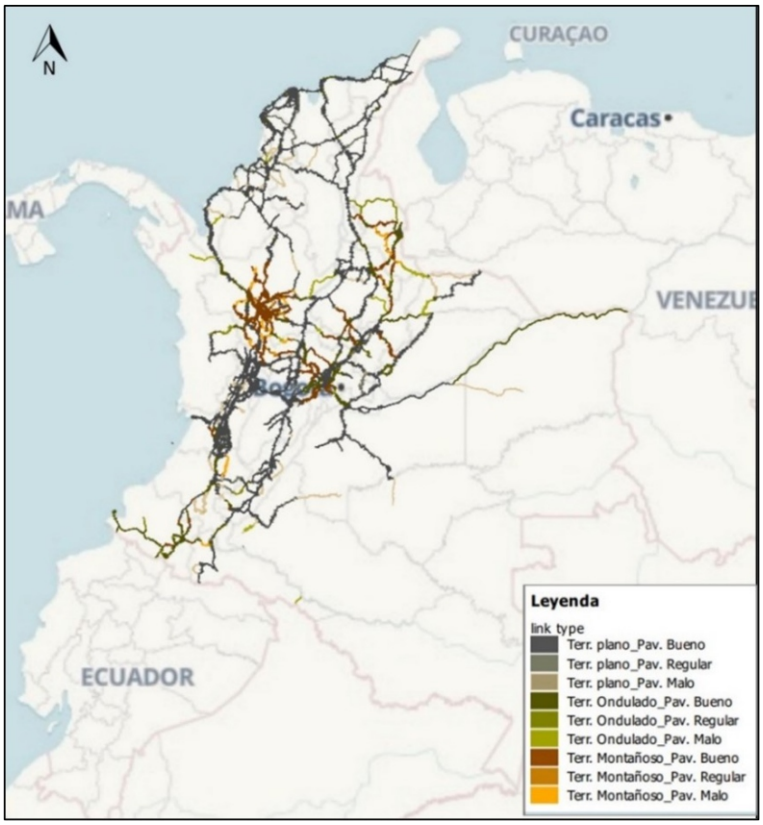
Se realizó la definición de las tipologías viales que toman en cuenta las características del tipo de la capa rodadura (pavimento o afirmado), según el estado que puede ser bueno, regular o malo. Adicionalmente, se considera la pendiente de la vía en función del grado de inclinación del terreno, considerando las categorías plano, ondulado y montañoso. Por lo anterior, la red vial carretera se clasifica en nueve tipologías que combinan el tipo de terreno y el estado del pavimento.

Tabla 5.Tipología de vía según pendiente y estado del pavimento

Tipo	Descripción	Número de arcos en el modelo	Longitud
1	Arco Carretero Tipo de Terreno Plano y Estado Bueno	37,800	27,081.06
2	Arco Carretero Tipo de Terreno Plano y Estado Regular	889	2,736.89
3	Arco Carretero Tipo de Terreno Plano y Estado Malo	1,556	4,315.19
4	Arco Carretero Tipo de Terreno Ondulado y Estado Bueno	6,748	7,174.63
5	Arco Carretero Tipo de Terreno Ondulado y Estado Regular	216	1,111.46
6	Arco Carretero Tipo de Terreno Ondulado y Estado Malo	372	1,396.51
7	Arco Carretero Tipo de Terreno Montañoso y Estado Bueno	13,375	8,285.88
8	Arco Carretero Tipo de Terreno Montañoso y Estado Regular	224	674.81
9	Arco Carretero Tipo de Terreno Montañoso y Estado Malo	514	1,673.23

Gráficamente la configuración de los arcos carreteros según la pendiente y el estado del pavimento.

Figura 11. Tipología de vía



2.2.1.3. Peajes en arcos carreteros

Los peajes en Colombia son operados principalmente por la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y algunos operadores departamentales o municipales. Estos operadores son responsables de garantizar la operatividad, así como de establecer y actualizar las tarifas de acuerdo con las normativas vigentes.

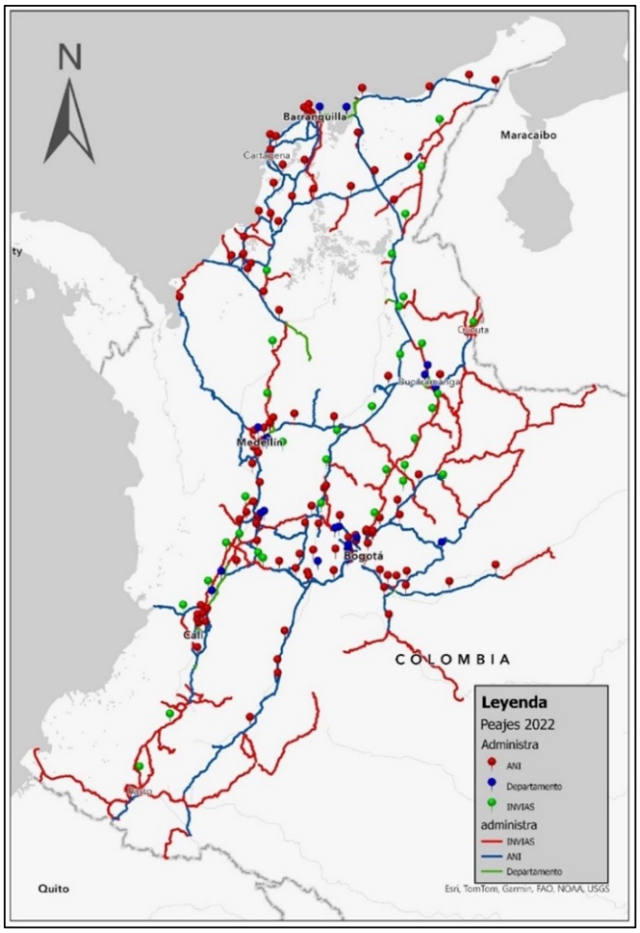
La información sobre los peajes y sus costos en Colombia se encuentra disponible en páginas de internet oficiales de las entidades administradoras de los peajes y esta es actualizada periódicamente para reflejar cambios en las tarifas y condiciones de pago.

Esta información está cargada en la red de oferta y discriminada por categorías vehiculares de la 1 a la 7 en donde se tuvieron en cuenta la aplicación de estas categorías según el tipo de peajes, basado en la siguiente tabla y que se calculó para cada tipo de vehículo en los algoritmos de programación del modelo.

Tabla 6. Tipo de vehículo según categoría de cobro

Categorías de Peaje	Autos	C2P	C2G	C34	C5	C6M
7 categorías	Cat I	Cat III	Cat IV	Cat V	Cat VI	Cat VII
6 categorías	Cat I	Cat III	Cat III	Cat IV	Cat V	Cat VI
5 categorías	Cat I	Cat II	Cat II	Cat III	Cat IV	Cat V

Figura 12. Peajes en la red



2.2.1.4. Factores de ajuste de velocidad para vehículos de carga

La estimación de este factor se realizó para los tipos de terreno plano, ondulado y montañoso, considerando cinco tipologías de camiones. Para esto se realizó una matriz de tiempos origen – destino basado en la información de tiempos obtenida a partir de la base de datos del Sistema de Información de Costos Eficientes para el Transporte Automotor de carga (SICE -TAC) y como punto de referencia de comparación se consideraron la velocidad de operación observada para el transporte privado. Es decir, que el factor de ajuste de velocidad para los vehículos de carga corresponde a la relación entre la velocidad observada para el automóvil y la velocidad calculada con la base del SICE -TAC. Los factores obtenidos.

Tabla 7. Factores de ajuste a velocidad para vehículos de carga

Tipologías	Factor de velocidad plano	Factor de velocidad ondulado	Factor de velocidad Montañoso
C2P	0.54	0.52	0.57
C2G	0.54	0.52	0.57
C34	0.61	0.57	0.84
C5	0.61	0.57	0.94
C6	0.57	0.57	0.90

2.2.1.5. Definición de la función de costo generalizado

La estimación del costo en los arcos de la red se realizó teniendo en cuenta varios elementos que pueden afectar en la decisión de la ruta, dentro de estos se tiene el costo de operación vehicular, el factor de incremento del costo por pasos urbanos, la longitud del arco y por el último el costo del peaje para cada tipología vehicular. La función de costo y las variables utilizadas, donde:

C: costo total en los arcos por tipología vehicular (COP).
COV: costo de operación por tipología vehicular estimado a partir de datos INVIAS 2016 y proyectados a 2022 con IPC (COP/km).
Faccovu: factor de incremento del COV por pasos urbanos.
L: longitud del arco (Km).
P: costo de peaje para cada tipología vehicular (COP).

A continuación, se describe el proceso de estimación de cada una de las variables dentro de la función de costo generalizado.

2.2.1.6. Costo de operación vehicular (COV)

Para la estimación del COV se definieron treinta y seis tipologías viales en la red de transporte carretero, las cuales resultaron de la combinación de tipos de terreno (plano, plano ondulado, ondulado, sinuoso, montañoso y escarpado), el tipo de pavimento (pavimentado y afirmado) y el estado del pavimento (bueno, regular, malo). Adicionalmente, a cada tipología definida le fueron asignados costos de operación vehicular estimados a partir de datos del INVIAS 2016 y proyectados al año 2022, discriminados por tipología vehicular.

Tabla 8. Costos de operación vehicular para transporte carretero COPkm)

Pendiente	Pavimento	Autos (COV 2022)	C2P (COV 2022)	C2G (COV 2022)	C34(COV 2022)	C5 (COV 2022)	C6M (COV 2022)
Plano	Pavimentado bueno	1454.404	2182.662	2182.662	3728.389	6335.714	6335.714
Plano	Pavimentado regular	1526.604	2367.402	2367.402	3987.399	6887.712	6887.712
Plano	Pavimentado malo	1618.959	2513.895	2513.895	4195.483	7365.465	7365.465
Plano	Afirmado bueno	1592.425	2524.506	2524.506	4301.64	7686.103	7686.103
Plano	Afirmado regular	1656.113	2755.94	2755.94	4694.468	8539.626	8539.626
Plano	Afirmado malo	1924.703	2989.506	2989.506	5184.909	9514.121	9514.121
Plano ondulado	Pavimentado bueno	1483.065	2184.798	2184.798	3736.871	6369.692	6369.692
Plano ondulado	Pavimentado regular	1549.954	2367.397	2367.397	3995.904	6923.8	6923.8
Plano ondulado	Pavimentado malo	1629.578	2513.898	2513.898	4206.12	7412.184	7412.184
Plano ondulado	Afirmado bueno	1594.534	2528.758	2528.758	4303.772	7709.443	7709.443
Plano ondulado	Afirmado regular	1658.233	2758.074	2758.074	4698.691	8560.866	8560.866
Plano ondulado	Afirmado malo	1925.755	2991.626	2991.626	5193.381	9524.794	9524.794
Ondulado	Pavimentado bueno	1551.012	2184.807	2184.807	3741.133	6448.239	6448.239
Ondulado	Pavimentado regular	1608.334	2367.398	2367.398	4002.27	7002.352	7002.352
Ondulado	Pavimentado malo	1655.045	2516.021	2516.021	4212.456	7490.766	7490.766
Ondulado	Afirmado bueno	1594.535	2528.751	2528.751	4316.511	7777.363	7777.363
Ondulado	Afirmado regular	1766.516	2760.194	2760.194	4707.198	8628.732	8628.732
Ondulado	Afirmado malo	1928.953	2993.755	2993.755	5197.664	9582.092	9582.092
Sinuoso	Pavimentado bueno	1601.973	2191.163	2191.163	3794.187	6891.979	6891.979
Sinuoso	Pavimentado regular	1644.434	2375.874	2375.874	4057.466	7433.364	7433.364
Sinuoso	Pavimentado malo	1667.789	2522.401	2522.401	4286.794	7908.987	7908.987
Sinuoso	Afirmado bueno	1596.662	2539.369	2539.369	4380.186	8110.685	8110.685
Sinuoso	Afirmado regular	1768.635	2772.925	2772.925	4760.288	8894.196	8894.196
Sinuoso	Afirmado malo	1933.2	3006.48	3006.48	5246.493	9781.675	9781.675

Ministerio de Transporte. https://plc.mintransporte.gov.co/Runtime/empresa/ctl/SiceTAC/mid/417Instituto Nacional de vías (INVIAS), 2017. https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/6608-costos-de-operacion-vehicular

2.2.1.7. Factor de incremento por paso urbano (Faccovu)

La estimación del factor de incremento por paso urbano busca representar aquellas variables que aumentan los tiempos de viaje dentro de los arcos urbanos y que no están representadas dentro de la red.
Para simular de manera más realista la preferencia de los conductores por vías alternas (anillos viales para el tráfico de paso en municipios), que eviten las zonas urbanas congestionadas, se realizó la revisión de diversas fuentes de información para con el fin de estimar un factor que pudiese representar esta situación. Documentos técnicos como el Manual de Carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y estudios de la International Road Assessment Programme (IRAP) indican que los costos de operación pueden incrementarse entre un 20% y un 30% en áreas urbanas en comparación con áreas rurales o periurbanas, debido a factores como la congestión, el número de paradas y arranques, y el estado variable de las vías.
Se implemento un factor de 25.51%, tal como se estableció en el Plan Regional de Transporte Intermodal para las subregiones Pacífico Medio, Pacífico Frontera Nariñense, Alto Patía y Norte del Cauca de tal forma que los modelos de elección de ruta pudiesen identificar de manera más precisa las rutas óptimas en términos de costo y tiempo.

2.2.1.8. Costo de peaje para cada tipología vehicular (COP)

Estos costos fueron considerados dentro de la caracterización de la red de transporte carretero correspondiente a las plazas de peaje. Estas fueron incorporadas a la red tomando como referencia las tarifas del año 2022 de acuerdo con cada tipología vehicular.

2.2.1.9. Tratamiento de fletes carreteros

La información de fletes tomada como referencia en el modelo se basa en la base de datos del sistema de información de costos eficientes de carga (SICE-TAC) del Ministerio de Transporte. Se trata de un sistema de información que permite medir o calcular los costos de operación de transporte de acuerdo con las características propias de cada viaje, el sistema contempla la estructura de costos fijos, variables y otros según se describe a continuación (Mintransporte, 2024) :

- Costos fijos: salarios y prestaciones básicas (tripulación), los seguros, el parqueadero, los impuestos y la recuperación de capital.
- Costos variables: combustibles, mantenimiento y reparaciones, las llantas, los peajes, los lubricantes, el lavado y engrase y los imprevistos.
- Otros Costos: comisiones y prestaciones, el factor de administración, la retefuente y la reteICA.

Se calcularon los fletes por kilómetro para el transporte de una tonelada, discriminando los valores por tipo de carga (refrigerada, contenedor, general y granel sólido) y por tipología vehicular. Estos valores fueron asignados a una tipología de arco que representa un terreno ondulado con un estado de pavimento regular. Los anteriores valores se relacionan en la siguiente tabla.

Tabla 9. Fletes para terreno ondulado, pavimento regular (COP/Ton/km)

Tipo de carga/tipología vehicular	C2	C34	C5	C6M
Carga refrigerada	371.54	292.62	189.31	182.61
Contendor		191.48		169.36
General	339.60	248.07	171.13	169.36
Granel sólido	342.32	277.85	178.77	166.94

Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Edición 2018. Bogotá, Colombia. International Road Assessment Programme (IRAP). Global Road Safety Facility: Annual Report 2021. Londres, Reino Unido, 2021. Disponible en www.irap.org Ministerio de transporte. https://mintransporte.gov.co/publicaciones/4462/sice-tac/

A partir del SICETAC, se obtuvo el factor del consumo de combustible (km/galón) por tipo de terreno, que permitieron estimar los valores de fletes para las nueve tipologías de arcos viales de transporte definidas para la modelación.

Tabla 10. Consumo por combustible SICE-TAC por tipo de terreno

Tipología	Descripción	Tipo carga	Plano	Ondulado	Montañoso
C2	Camión sencillo de dos ejes	General	12.70	10.01	7.81
C34	Tractocamión de dos ejes Minimula con semirremolque de dos ejes	General	8.76	6.76	5.07
C5	Tractocamión de dos ejes Minimula con semirremolque de tres ejes	General	8.76	6.76	5.07
C34	Camión de tres ejes - Dobletroque	General	8.06	6.22	4.66
C5	Tractocamión de tres ejes Tractomula con semirremolque de dos ejes	General	6.80	5.04	3.42
C6M	Tractocamión de tres ejes Tractomula con semirremolque de tres ejes	General	6.48	4.80	3.26
C2	Camión sencillo de dos ejes	Granel Sólido	12.70	10.01	7.81
C34	Camión de tres ejes - Dobletroque	Granel Sólido	8.06	6.22	4.66
C5	Tractocamión de tres ejes Tractomula con semirremolque de dos ejes	Granel Sólido	6.48	4.80	3.26
C6M	Tractocamión de tres ejes Tractomula con semirremolque de tres ejes	Granel Sólido	6.80	5.04	3.42
C34	Camión sencillo de dos ejes	Contenedor	8.76	6.76	5.07
C6M	Camión de tres ejes - Dobletroque	Contenedor	6.48	4.80	3.26
C2	Tractocamión de dos ejes Minimula con semirremolque de dos ejes	Carga refrigerada	12.70	10.01	7.81
C34	Tractocamión de tres ejes Tractomula con semirremolque de tres ejes	Carga refrigerada	8.06	6.22	4.66
C5	Camión sencillo de dos ejes	Carga refrigerada	6.80	5.04	3.42

Los valores de fletes carreteros calculados para la combinación de tipo de terreno, tipo de carga y configuración de vehículo para el año 2024 se transformaron a valores para el año 2022 a partir de datos de los costos fijos, costos variables y precio del ACPM del SICETAC.
Se realizó el análisis de la variación entre los precios del año 2024 y el año 2022 para calcular la tasa de decrecimiento. Lo anterior se realizó teniendo en cuenta el porcentaje de participación de cada uno de los valores de los ítems que componen el valor del costo total del viaje. Para lo anterior se tuvo en cuenta la estructura de costos formulada en el SICE- TAC para los viajes. Los ítems para los que se obtuvo información para los dos años fueron:

- La revisión técnico-mecánica
- Comunicación
- El salario
- El SOAT
- El seguro todo riesgo
- El costo del parqueadero
- Valor del vehículo comercial
- Costos adicionales
- Combustible

En la siguiente tabla se muestran los valores de flete calculados para el año 2022 por tipo de carga y tipología vehicular.

Tabla 11. Flete carretero por tipología vehicular (COP/Ton/km)

		Flete Terreno Plano (Ton/km)			Flete Terreno Ondulado (Ton/km)			Flete Terreno montañoso (Ton/km)		
Tipo carga	Tipología	Pav. Bueno	Pav. Regular	Pav. Malo	Pav. Bueno	Pav. Regular	Pav. Malo	Pav. Bueno	Pav. Regular	Pav. Malo
General	**C2**	217.461	235.867	250.462	276.171	299.252	318.039	354.283	383.548	407.033
General	**C34**	243.284	260.184	273.762	315.159	337.157	354.864	420.740	449.774	474.355
General	**C5**	178.469	194.018	207.476	235.596	255.841	273.686	329.992	355.586	378.615
General	**C6M**	212.064	230.540	246.531	286.601	311.230	332.938	425.269	458.252	487.930
Granel Sólido	**C2**	219.205	237.758	252.470	278.386	301.651	320.588	357.123	386.623	410.297
Granel Sólido	**C34**	284.318	304.069	319.937	368.310	394.019	414.712	491.973	525.922	554.664
Granel Sólido	**C5**	223.848	243.350	260.230	302.526	328.523	351.437	448.899	483.715	515.042
Granel Sólido	**C6M**	199.199	216.554	231.575	269.055	292.176	312.555	399.584	430.575	458.461
Contenedor	**C34**	180.279	192.803	202.864	233.543	249.845	262.966	311.622	333.126	351.332
Contenedor	**C6M**	212.064	230.540	246.531	286.601	311.230	332.938	425.269	458.252	487.930
Carga Refrigerada	**C2**	237.916	258.053	274.021	302.148	327.400	347.954	387.607	419.625	445.319
Carga Refrigerada	**C34**	299.434	320.236	336.947	387.892	414.968	436.760	518.129	553.884	584.154
Carga Refrigerada	**C5**	225.882	245.561	262.594	305.095	331.313	354.422	453.108	488.251	519.872
Carga Refrigerada	**C6M**	228.654	248.575	265.817	309.022	335.577	358.983	458.537	494.101	526.101

Los datos seleccionados para modelación fueron los valores de flete calculados para el tipo de carga general y las tipologías C6M y C2G, ya que corresponden a los vehículos predominantes de la carga Comex y doméstica.

Asimismo, utilizando las bases de datos generadas de las consultas al SICE-TAC, se realizó la validación de la variabilidad del costo de viaje para los distintos segmentos en la misma tipología vehicular. Se encontró que el costo del viaje es el mismo para el camión C6M para el tipo de carga general, contenedor y refrigerada, sin embargo, varia para los graneles sólidos con una disminución del 4.7% . Para la tipología C2G el valor del costo total del viaje no varía en función del tipo de carga. En la siguiente tabla se relacionan los factores de flete por segmento de carga para las tipologías C6M y C2G que corresponden a los vehículos predominantes para los diferentes segmentos tanto de carga Comex como de carga doméstica.

Tabla 12. Factor de flete carretero por segmento de carga

ID	Segmento de carga	C6M	C2G
1	Alimento Agro	0.96	1.00
2	Alimento para animales	1.00	1.00
3	Alimentos Procesados	1.00	1.00
4	Animales Vivos	1.00	1.00
5	Bebidas con y sin alcohol	1.00	1.00
6	Combustibles	1.00	1.00
7	Grasas y aceites animales o vegetales	1.00	1.00
8	Hidrocarburos	1.00	1.00
9	Maderas	0.96	1.00
10	Materiales de construcción	1.00	1.00
11	Minerales	0.96	1.00
12	Papel y cartón	1.00	1.00
13	Producción Industrial	1.00	1.00
14	Otros	1.00	1.00
16	Carga general	1.00	1.00
17	Granel solido distinto de carbón	0.96	1.00
18	Granel líquido distinto de hidrocarburos	1.00	1.00
19	hidrocarburos crudos	1.00	1.00
20	hidrocarburos refinados	1.00	1.00
21	Contenedor	1.00	1.00
22	Contenedor refrigerado	1.00	1.00
23	Carbón metalúrgico y coque	0.96	1.00
24	Carbón térmico	0.96	1.00

Con los valores de flete-Tonelada/km estimados para los diferentes arcos viales, se realizó la asignación de matrices de viajes Comex y domésticas para obtener los fletes totales entre los diferentes pares origen–destinos calculados a partir del modelo.

A partir de la base de datos del SICE-TAC de los costos por viaje transportado, se tiene una matriz de orígenes y destinos para las capitales y algunas ciudades intermedias en Colombia, que dice cuánto se debe cobrar por concepto de flete en transporte carretero. Es importante mencionar que la información abarca los principales OD de la red a modelar, pero no alcanza a cubrir el detalle total de la zonificación que hace parte del estudio. Por ello es necesario definir una metodología de conversión de fletes y asignación a los municipios que no cuentan con información:

- Se toma como referencia las nueve tipologías viales que se conforman según el tipo de terreno y el estado de la superficie de rodadura. Para cada par OD de la red se realiza una medición acumulada de kilómetros de ruta para cada una de las tipologías viales definidas que conforman cada uno de los segmentos de la ruta del par OD.
- Para las ciudades principales donde sí se tiene información de flete disponible en la base de costos eficientes SICE-TAC se calcula un flete promedio por tipo de vía y que se aproxime al acumulado total de las distintas tipologías de vías que conforman el par OD. Es decir, se genera 9 estadísticas de kilómetros que recorren ese par OD y se estima el costo por kilómetro de flete (tonelada km), que, al sumarse y acumularse, define la aproximación más parecida a todos los orígenes y destinos del SICE-TAC.
- Con esta aproximación se estima un factor de ajuste que corresponde al cociente del valor del SICE-TAC entre el valor acumulado aproximado que se obtiene desde el modelo. De esa manera en el año base para la situación calibrada se tiene exactamente lo reportado en SICE-TAC.

Gracias a este proceso de estimación del factor de ajuste, es posible asignar una información de fletes en aquellos pares OD donde no se tiene información de la base de datos del sistema de costos eficientes. Por ejemplo, podría tomarse un par OD desde el municipio de Cajicá en Cundinamarca hacia el municipio del Carmen de Bolívar . En este caso, se hace referencia al par entre capitales informado en la base de datos, es decir, el trayecto Bogotá – Cartagena del que se tomará la información de flete de referencia y su correspondiente factor de ajuste. Posteriormente con las distancias acumuladas reales por tipología vial entre los municipios Cajicá-Carmen de Bolívar se valida la distancia total acumulada de viaje y se estima el flete correspondiente a partir del factor de ajuste.

Adicionalmente, esta metodología permite brindar una estimación consistente de los fletes asociados a la entrada de nuevos proyectos carreteros, ya que el valor a estimar de los fletes toma en cuenta la nueva tipología vial definida para el corredor. Es decir, para un par OD permite incorporar los posibles ahorros en distancias y nuevos beneficios en las condiciones de circulación al contemplar mejores especificaciones viales para los nuevos corredores con respecto a las opciones actuales.

Basado en lo anterior, se llevó a cabo la validación y actualización de las denominadas “matrices de ajustes del flete del modo carretero”, las cuales se obtuvieron a partir del cálculo del factor de transformación de la acumulación de los costos de operación vehicular (COV) y peajes al valor de flete. Para calcular este factor, se toma el costo total de operación vehicular y peajes reportado por el modelo de transporte y se divide en el valor reportado en el SICE-TAC, asegurando así una representación precisa y efectiva de los costos de flete en distintos escenarios de transporte.

2.2.2 Red férrea

Para la caracterización de las vías férreas se tomó como referencia la información proporcionada en los boletines de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) y el Ministerio de Transporte a través del Portal Logístico de Colombia . Asimismo, se consideró la información del PMTI 2019, y del estudio de demanda y mercado del modo férreo desarrollado por el DNP en el año 2022. De igual manera, se consideraron las especificaciones técnicas que definen las velocidades acordes a las restricciones de vía por su geometría, características de rieles, tipología de locomotora y material rodante, pendientes entre otros. A continuación, se muestran los tramos considerados en el modelo.

Figura 13. Corredores férreos condición base



Ministerio de Transporte, 2024. https://plc.mintransporte.gov.co/Estad%C3%ADsticas/Carga-Modo-f%C3%A9rreo

En el caso de las líneas férreas, se determinó la longitud total de la red utilizando información oficial de entidades especializadas en transporte. En la siguiente tabla se muestran las longitudes de los tramos modelados (teniendo en cuenta los dos sentidos de circulación)

Tabla 13. Longitud de los tramos férreos

Tramo	Longitud (km)
Arco Ferroviario del Cerrejón	268.66
Arco Ferroviario de Fenoco	498.58
Arco Ferroviario La Dorada - Chiriguaná	1,022.19
Arco Ferroviario Bogotá - Belencito	514.02

Con base en la información secundaria recopilada, se realizó la revisión, validación y complemento de la parametrización de los tramos que conforman la red ferroviaria en cuanto a: velocidad de transporte del convoy (Km/h) y tarifa unitaria del flete en la ferrovía ($/ton/km), para cada segmento de demanda considerados. En la siguiente tabla se relacionan los costos por tonelada kilómetro para los segmentos de comercio exterior y doméstico.

Tabla 14. Costos de movilización de carga en modo férreo para el año 2022

Tramo	Segmento de demanda	Flete (COP/Ton/Km)
Cerrejón	ctco	40.53
Chiriguaná – Santa Marta	cgco	40.53
	cnrco	82.27
	crco	82.27
	ctco	40.53
	glco	82.64
	gsco	82.64
	cgco	86.98
Dorada – Chiriguaná	cnrco	82.27
	crco	82.27
	ctco	86.98
	glco	86.98
	gsco	86.98
	codo	82.26
Bogotá - Belencito	cgco	87.06
	cnrco	87.06
	gsco	87.06
	mcdo	77.82

A continuación, se presenta la información de velocidades para cada uno de los tramos considerados.

Tabla 15. Velocidades de operación en corredores férreos

Tramo Férreo	Velocidad (km/h)
Cerrejón	40
Chiriguaná – Santa Marta	30
La Dorada – Chiriguaná	40
Bogotá - Belencito	20

2.2.3. Red fluvial y zonas portuarias

El proceso de construcción de redes fluviales comenzó con el reconocimiento de los ríos que cuentan con registro histórico de operaciones de carga, conforme a la consulta en el Portal Logístico de Colombia del Ministerio de Transporte (2024). Esta información fue complementada con el inventario de puertos, muelles y embarcaderos reportado por la Superintendencia de Transporte en 2022. Este inventario incluye tanto instalaciones para pasajeros como de carga y de servicio mixto, permitiendo la selección de puntos de interés específicos para esta consultoría. Adicionalmente, la información obtenida fue contrastada con los registros de campo, a partir de los cuales se identificaron puntos de embarque de carga adicionales a los registrados en las fuentes secundarias.
Para describir la red de transporte fluvio-marítima, se partió de la identificación de cursos de agua donde existe transporte de carga, centrando el análisis en aquellos tramos fluvio-marítimos con demanda significativa, con el fin de orientar la modelación a estos corredores. En el modelo de transporte, se representa gráficamente la localización de los arcos fluviales usados para el movimiento de mercancías en Colombia.

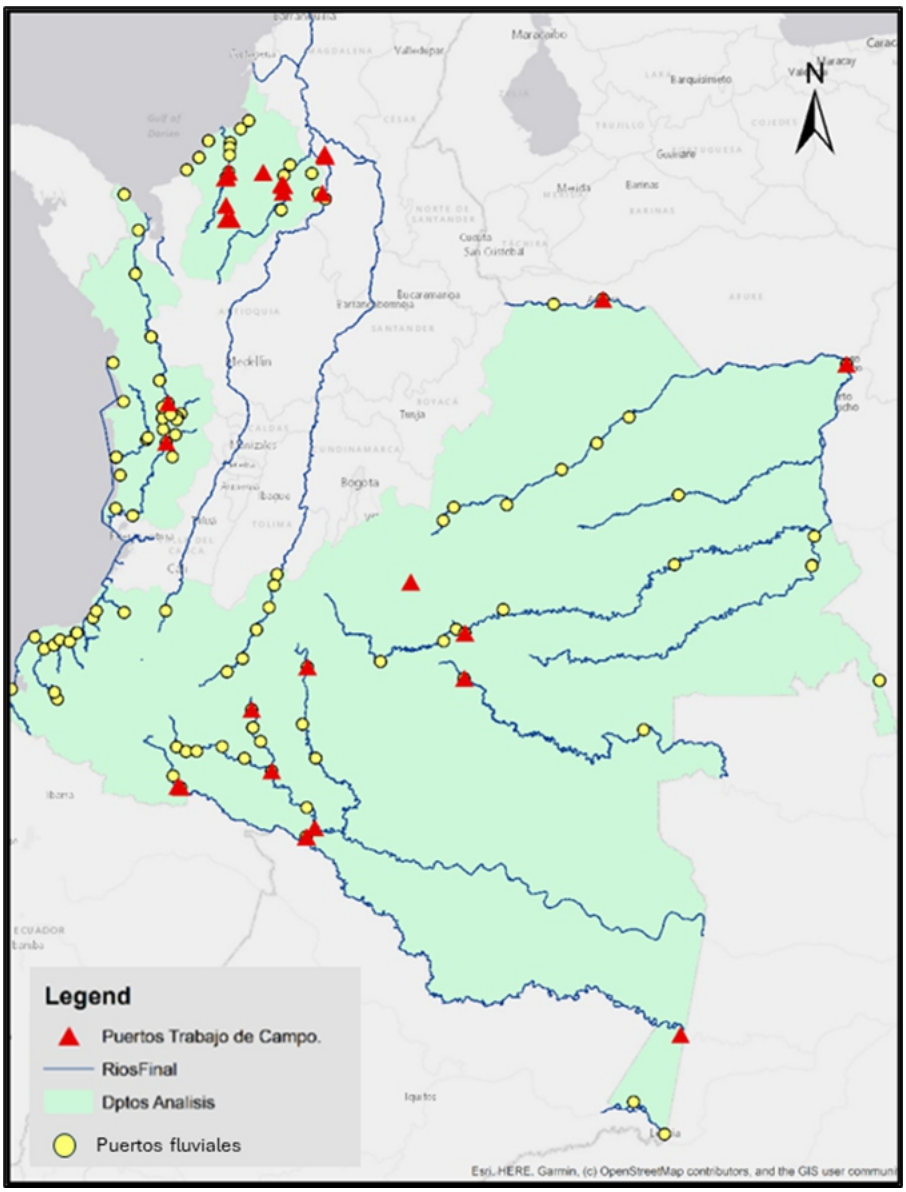
Dentro de las fuentes secundarias utilizadas se incluyen las siguientes:

- Registro de Zarpes del Registro Nacional Fluvial (RNF): Este registro, gestionado por el Ministerio de Transporte, permite a las empresas y a particulares registrar zarpes electrónicos de sus embarcaciones durante todo el año. En las ZPP, se identificaron registros de zarpes en los ríos Putumayo, Amazonas y Atrato.
- Estadísticas Fluviales e Inspecciones Fluviales: Información estadística del Portal Logístico de Colombia del Ministerio de Transporte (2024), que brinda datos complementarios sobre el uso y las condiciones de los corredores fluviales.
- Plan Amazónico de Transporte Intermodal Sostenible (PATIS): Un estudio del Ministerio de Ambiente y el Ministerio de Transporte que caracteriza los ríos en la región amazónica colombiana, proporcionando datos útiles para el análisis de estos corredores.

Como insumo geográfico, se empleó un archivo shape proporcionado por la Superintendencia de Transporte, que contiene la ubicación de puertos y muelles a nivel nacional. Este archivo permitió identificar los puertos relevantes para el estudio y conocer su estado operativo, así como su localización en las ZPP.

- Arauca
- Ariari
- Atrato
- Caguán
- Caquetá
- Ciénaga de Ayapel
- Guaviare
- Meta
- Orinoco
- Orteguaza
- Putumayo
- San Jorge
- San Juan
- Sinú
- Unilla
- Arauca
- Ayapel
- Calamar
- Itsmina
- La primavera
- Leguizamo
- Montería
- Puerto Arango
- Puerto Asís
- Puerto Carreño
- Puerto Inírida
- Puerto Lleras
- Quibdó
- San Benito Abad
- San José del Guaviare
- San Marcos
- San Vicente del Caguán
- Solano
- Tagua

Figura 14. Red fluvial y puertos ZPP



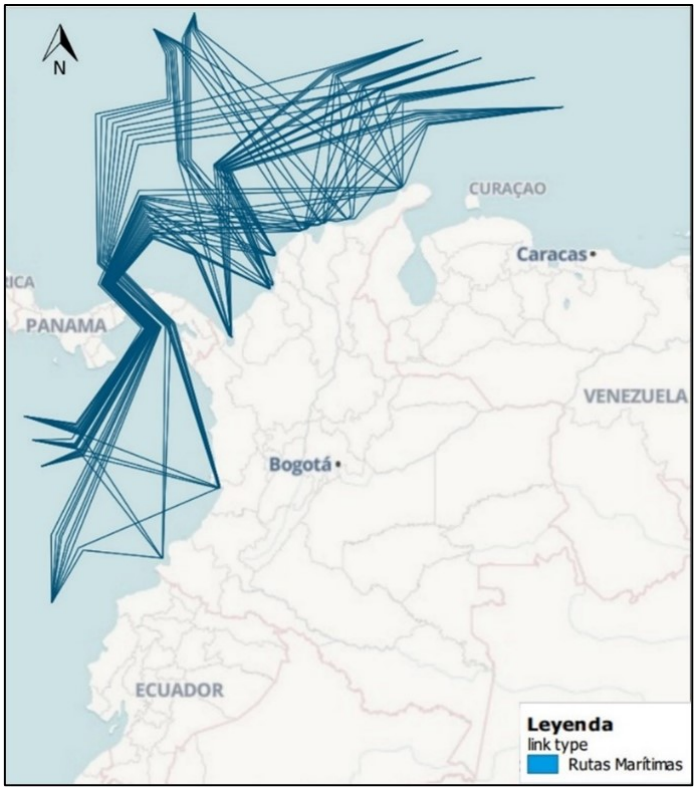
La caracterización de los corredores fluviales se desarrolló con base en encuestas de origen-destino, entrevistas a inspectores fluviales y empresas del sector, junto con información secundaria. Los costos promedio de transporte por tonelada-kilómetro se determinaron para estos diecisiete ríos a partir de las fuentes disponibles. Dado que no se cuenta con información suficientemente consistente para algunos ríos, como el Amazonas, Caguán, Cauca, Arauca, Orinoco, Vichada y San Juan, se emplearon promedios basados en datos de ríos de la misma región. Para el río Magdalena, los datos de costos provienen de una consultoría especializada en la demanda de transporte en este corredor y el Canal del Dique.

Cabe señalar que el modo fluvial en las ZPP presenta limitaciones en cuanto a disponibilidad de información general, un alto grado de informalidad en las rutas y escaso control en los registros, lo cual dificulta un conocimiento exhaustivo de la situación actual.

No obstante, se realizó un análisis detallado mediante fuentes secundarias y visitas de campo a puertos estratégicos en las ZPP, con el fin de obtener un panorama más claro del transporte de carga en la región.

Por su parte, la red de zonas portuarias en Colombia, con una función crucial en el comercio exterior y la conectividad marítima, se representan simbólicamente en el modelo como arcos direccionales, donde cada arco simula una operación específica de importación o exportación. La red abarca diez instalaciones portuarias ubicadas estratégicamente en la costa Atlántica y Pacífica, las cuales son incluidas en el modelo de transporte y se presentan a continuación.

Figura 15. Red de rutas marítimas en el modelo de oferta condición base



2.2.3.1. Matrices de transporte fluvial

En este apartado se presentan las matrices de transporte fluvial, elaboradas mediante el análisis de estadísticas fluviales, datos de campo y estudios secundarios. Este enfoque permitió una cuantificación confiable de los volúmenes de carga movilizada, ofreciendo una evaluación coherente con la dinámica del sistema de transporte fluvial.

La estimación de matrices comenzó con la identificación de los puertos de mayor relevancia en el transporte de carga, basada en diversas fuentes de información. A continuación, se describe la metodología adoptada:

- Revisión de información primaria

Se realizaron encuestas de origen-destino en 19 puertos distribuidos en 10 departamentos de las ZPP. Estas encuestas, llevadas a cabo en campo en lapsos de entre 1 y 5 días, recolectaron información sobre las embarcaciones que llegaban y salían, incluyendo horarios, carga y tipo de carga. Gracias a estos datos, fue posible comprender las particularidades de la carga movilizada en determinados puertos y su comportamiento general.

No obstante, debido a la naturaleza fluctuante del transporte fluvial, que depende de la navegabilidad de los ríos y sufre variaciones significativas a lo largo del año, se concluyó que la recolección de datos en días específicos no refleja adecuadamente el comportamiento del flujo fluvial ni de las rutas a nivel anual. Aunque el análisis permite obtener una visión general, esta información no resulta idónea para elaborar una matriz de demanda precisa en el transporte de carga fluvial.

- Revisión de información secundaria

En el análisis de información secundaria se revisaron los registros de zarpes disponibles en el Registro Nacional Fluvial, que ofrecen datos relevantes para los ríos Amazonas, Putumayo y Atrato en las Zonas de Potencial Productivo (ZPP). Estos registros incluyen detalles como los puntos de origen y destino, fechas de operación, características de las embarcaciones, tipo de carga y cantidades en toneladas.

Se analizaron las estadísticas fluviales de 2022 del Ministerio de Transporte, las cuales ofrecen un desglose anual y mensual de los volúmenes de carga por río, clasificados según el tipo de carga. Esta información, obtenida a partir de inspecciones fluviales, permite una comparación detallada del comportamiento de las rutas fluviales principales, complementando la información del RNF.

Finalmente, se utilizó la información del Plan Amazónico de Transporte Intermodal Sostenible (PATIS), que proporciona una visión integral sobre el transporte de carga en la región amazónica. Este insumo resulta clave para comprender las dinámicas logísticas intermodales y su impacto en el desarrollo de la región.

Una vez recopilada la información primaria y secundaria, se consolidaron y analizaron los datos de carga segmentados, siguiendo la clasificación de las estadísticas fluviales. Esto incluyó la recopilación general por río y la caracterización de sus rutas y volúmenes de carga.

- Análisis y comparación de la información recopilada

Después del análisis, se decidió utilizar las estadísticas fluviales en lugar de los datos primarios para la cuantificación de los volúmenes de carga movilizada, debido a la alta variabilidad del transporte fluvial durante el año. Los registros administrativos anuales ofrecen una perspectiva más estable y representativa del flujo de carga. Cada río se caracteriza en términos de sus volúmenes anuales de carga en toneladas para el año 2022, segmentado y clasificado. La tabla siguiente muestra los volúmenes de carga por segmento en 2022, y estos se representan gráficamente sobre la red de modelación en la figura subsiguiente.

Figura 16. Asignación de carga en ríos de ZPP

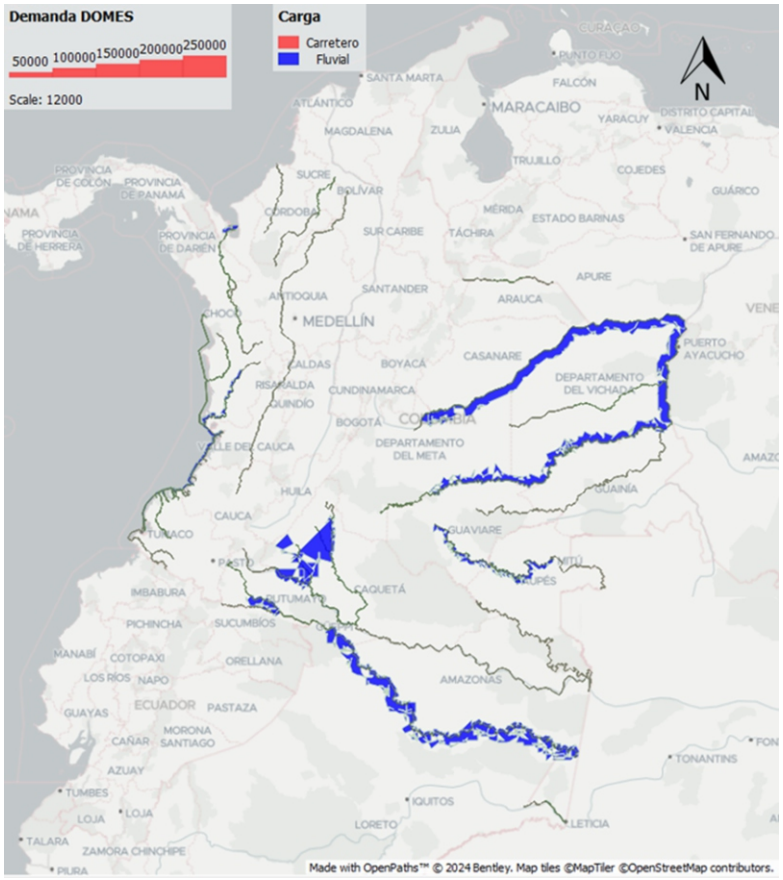


Tabla 16. Total carga ríos segmentada, toneladas 2022.

RIO	ATRATO	LEÓN	ARAUCA	META			GUAVIARE	INÍRIDA	CAQUETÁ	CAGÚAN	PUTUMAYO		AMAZONAS	MAGDALENA
				PTO LOPEZ	PTO GAITÁN	PTO CARREÑO					PTO ASIS	PTO LEGUIZAMO		
Alimento Agro	3,450	316,223	58	77	1,192	1,597	84	2,053	53	135	2,545	2,067	33	20,248
Alimentos procesados	8,750	6,785	89	1,348	5,115	7,055	9,097	11,310	2,688	260	6,637	2,598	2,641	0
Animales vivos	0	2,228	0	0	0	0	133	2,236	1,050	578	0	0	0	0
Bebidas con y sin alcohol	2,910	6,689	0	11,637	2,537	3,297	5,825	9,081	0	89	8,380	2,017	1,025	0
Combustibles	10,200	8,135	147	5,550	2,974	7,319	9,937	30,602	362,481	68,096	29,071	6,680	1,590	836,721
Grasas y aceites animales o vegetales	0	0	0	344	0	0	0	360	0	0	14	15	40	6,498
Hidrocarburos	600	13,789	0	490	700	502	1,211	371	0	181	649	412	42	1,190,155
Maderas	42,270	7,759	0	261	20	288	0	0	1,078	46	801	442	157	0
Materiales de construcción	1,350	3,687	0	12,813	3,178	7,940	10,797	15,709	18	414	8,313	3,288	986	0
Minerales	0	0	0	1	299	19,901	223	12,599	0	0	577	459	80	1,158
Otros	1,224	353,594	0	4,486	6,490	5,303	4,075	6,509	0	203	7,924	2,636	693	9,313
Papel y cartón	0	0	0	4	30	0	0	39	0	0	113	19	156	10,597
Producción Industrial	0	0	0	25	1	1,010	111	326	0	0	466	63	265	11,295
TOTAL	70,754	1,658,373	294	37,036	22,536	54,212	41,493	91,195	367,368	70,002	65,490	20,696	7,708	2,461,209
CHEQUEO	0	2,228	0	0	0	0	133	2,236	1,050	578	0	0	0	0

2.3. Definición de la demanda de la situación base

La construcción de las matrices de transporte de carga doméstica en Colombia se basó en el análisis de diversas fuentes de información primaria y secundaria. Entre las principales fuentes se incluyeron encuestas a generadores de carga en las Zonas de Producción Prioritaria (ZPP), el Registro Nacional de Despachos de Carga (RNDC) del año 2022 y las bases de transporte de comercio exterior de la Supertransporte. Este proceso metodológico se desarrolló en siete etapas que buscaron garantizar la representatividad de las estimaciones.

Primero, se consolidaron y segmentaron los datos del RNDC, organizándolos según tipologías de carga, origen-destino y tipos de vehículo. Posteriormente, se corrigieron las ocupaciones vehiculares y se reestimaron los volúmenes de carga para ajustar las cifras a las condiciones operativas observadas. Para abordar las limitaciones del RNDC —que no captura todos los movimientos de carga en el país— se aplicó un factor de representatividad, ajustando los volúmenes totales movilizados a partir de estimaciones complementarias, basadas principalmente en datos de Transporte en Cifras.

En el caso de las ZPP, se emplearon factores de ajuste elaborados a partir de datos de encuestas y registros históricos, con el propósito de reflejar de manera más precisa la carga

generada en estas zonas. Las estimaciones resultantes se contrastaron con datos históricos y estudios sectoriales para verificar su consistencia con las tendencias identificadas.

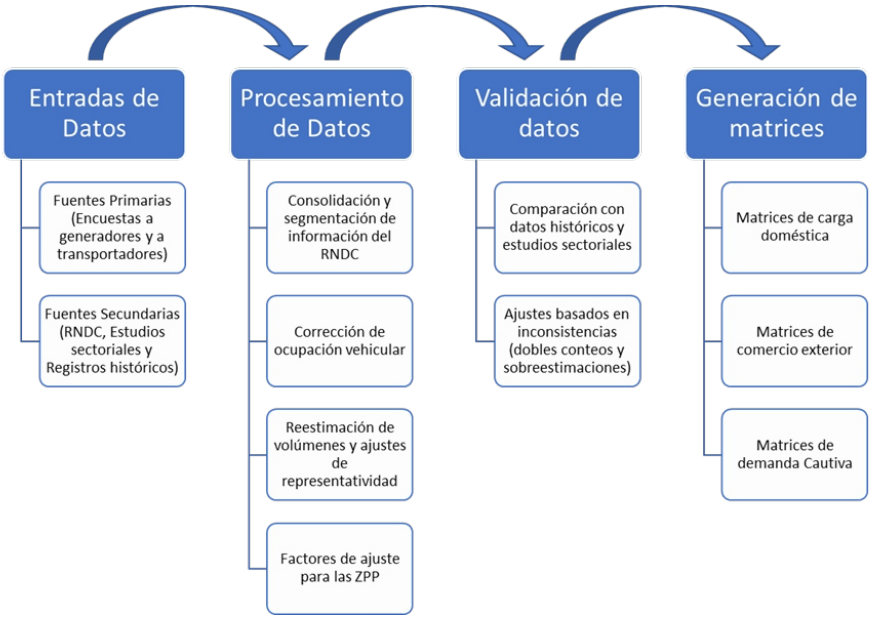
El proceso también incluyó la incorporación de datos provenientes de encuestas a transportadores y generadores de carga. Esto permitió complementar y validar las matrices de origen-destino (OD), eliminando posibles inconsistencias como dobles conteos y sobreestimaciones. Adicionalmente, se desarrollaron matrices de carga para el comercio exterior hacia Ecuador y Venezuela, ajustadas según los volúmenes de exportación e importación, e integradas con la carga doméstica.

En el ámbito de la modelación de demanda, los datos de carga se transformaron en flujos vehiculares considerando diferentes tipos de camiones. Esto incluyó la creación de matrices semilla que representaron los volúmenes de transporte, integrando información sobre ocupación vehicular y distribución por tipo de producto. En el caso del transporte fluvial, se utilizaron como complemento, datos secundarios del Ministerio de Transporte para estimar los volúmenes movilizados, considerando la estacionalidad de los ríos y sus implicaciones.

Finalmente, se analizaron las "demandas cautivas," correspondientes a cargas gestionadas por generadores que han desarrollado infraestructuras para su operación, como redes ferroviarias, ductos y vías fluviales. Estas configuraciones permiten optimizar la operación logística y garantizar el control de los volúmenes transportados. La modelación de estas demandas proporcionó información sobre su impacto en los flujos de carga y en las decisiones estratégicas de planificación.

El resultado del proceso es una base de datos que integra tanto carga doméstica como internacional, proporcionando insumos para la planificación y el análisis del transporte de carga en el país.

Figura 17. Proceso de definición de la demanda en la situación base



A continuación, se presenta una tabla que resume los resultados obtenidos en el proceso de construcción de las matrices de demanda de transporte de carga. Los datos están organizados por segmento de demanda, reflejando tanto la carga doméstica como la asociada al comercio exterior (COMEX). Esta última se divide en tres categorías principales: carga marítima, terrestre (Ecuador y Venezuela) y cautiva, correspondiente a los volúmenes gestionados a través de infraestructuras propias, como ductos, redes ferroviarias y transporte fluvial.

Los totales de cada segmento y categoría se integran para proporcionar una visión completa de la demanda de transporte en el país, sirviendo como base para la planificación logística y la toma de decisiones en infraestructura. Este análisis permite identificar patrones de movilidad de carga y orientar estrategias de optimización en los corredores logísticos.

Tabla 17. Valores totales de carga por segmento 2022 (Ton/año)

Segmentación Modelo UPIT			Carga Total				
Código	Segmento Carga	Naturaleza	Carga COMEX Cautiva	Carga COMEX	Carga COMEX Terrestre	Carga DOMES	Total Carga
1	Alimento Agro	DO	-	-	157,719	37,436,336	37,594,055
2	Alimento para animales	DO	-	-	4,210	5,110,458	5,114,668
3	Alimentos Procesados	DO	-	-	123,096	19,100,840	19,223,936
4	Animales vivos	DO	-	-	20,599	1,572,544	1,593,143
5	Bebidas con y sin alcohol	DO	-	-	92,617	20,887,555	20,980,173
6	Combustibles	DO	-	-	3,525	17,631,910	17,635,435
7	Grasas y aceites animales o vegetales	DO	-	-	4,566	8,029,784	8,034,350
8	Hidrocarburos	DO	-	-	12,352	8,556,889	8,569,241
9	Maderas	DO	-	-	83,206	1,348,362	1,431,568
10	Materiales de construcción	DO	-	-	127,341	37,976,503	38,103,844
11	Minerales	DO	-	-	18,273	20,029,833	20,048,106
12	Papel y cartón	DO	-	-	28,820	6,755,091	6,783,911
13	Producción Industrial	DO	-	-	264,426	78,233,378	78,497,804
14	Otros	DO	-	-	562,569	46,055,118	46,617,686
15	Vacíos	DO	-	-	-	-	-
16	Carga general	CO	-	4,790,900	-	-	4,790,900
17	Granel solido distinto del carbón	CO	-	15,606,467	-	-	15,606,467
18	Granel liquido disntinto de hidrocarburos	CO	-	2,969,655	-	-	2,969,655
19	Hidrocarburos crudos	CO	33,502,061	318,139	-	-	33,820,199
20	Hidrocarburos refinados	CO	95,448	12,818,548	-	-	12,913,997
21	Contenedor	CO	189	18,984,484	-	-	18,984,674
22	Contenedor refrigerado	CO	1,893,006	650,235	-	-	2,543,241
23	Carbón metalurgico y coque	CO	-	2,881,834	-	-	2,881,834
24	Carbón termico	CO	58,703,432	14,683,660	-	-	73,387,092
	Total (Ton)		94,194,137	73,703,922	1,503,318	308,724,601	478,125,978

2.4. Modelos de elección

En la formulación del modelo de transporte se plantean dos formulaciones modelos de elección discreta para la evaluación de los procesos de selección de modo de transporte por segmento de carga, y el proceso de selección de ruta por tipología vehicular. Por una parte, el modelo de elección de ruta es usado para definir los valores subjetivos del tiempo que serán usados como insumo en el paso de asignación. Mientras que el otro modelo de elección es usado para estimar la demanda que se movilizará en los modos carretero, fluvial y férreo según las características de la oferta disponible en la red.

En todos los casos los modelos formulados corresponden al tipo Logit Multinomial (MNL) de la familia de modelos de elección discreta fundamentados en la teoría económica de la maximización de la utilidad . Bajo este marco, es posible demostrar que la probabilidad P_ij de que un tomador de decisión i escoja la alternativa j del conjunto de alternativas disponibles J está dada por la siguiente ecuación. Donde V_ij es conocida como la utilidad sistemática de la alternativa, y es definida como una función lineal de una serie de atributos observados 〖 X〗 _ij multiplicando una serie de parámetros β a estimar, más una constante específica de las alternativas ASC_ij. La utilidad representa la atractividad de cada una de las alternativas disponibles según sus características y las preferencias de los tomadores de decisión, siendo que a mayor utilidad mayor probabilidad de ser escogida.

$$P_{ij} = \frac{e^{V_{ij}}}{\sum_{k=1}^{J} e^{V_{ij}}}$$

$$V_{ij} = ASC_{ij} + \beta\, X_{ij}$$

Los modelos se estimaron por métodos de máxima verosimilitud, a partir de una encuesta de Preferencia Declarada (PD). En el caso de la elección de ruta, la PD se aplicaron a vehículos en diversos puntos de la red nacional, y planteaba un ejercicio en el cual se le solicitaba a los conductores elegir entre la ruta actual que se encontraban transitando y una alternativa hipotética considerando diferentes tiempos y

[7] Para mayor detalle referirse a: J. de D. Ortúzar & L.G. Willumsen (2024) Modelling Transport, Chapter 7: Discrete choice models. United Kingdom: Wiley.

costos, llegando a recopilar 4528 observaciones proveniente de 1132 encuestas. Las PD de los modelos de elección de modo provienen de la encuesta a generadores de carga, contándose con una muestra de 540 observaciones provenientes de 90 generadores. En este caso, a los encuestados se le presentaron ciertas situaciones de elección en las cuales debían elegir el modo en el cual preferían movilizar la carga, considerando alternativas carretero, fluvial y férreo.

En el modelo de elección de ruta la utilidad es función del tiempo en minutos y costo de viaje en miles de pesos colombianos. Además, con el fin de evaluar diferencias en las preferencias por tipología vehicular, el parámetro del costo se segmentó por este atributo de manera aditiva, usando como base el parámetro de vehículos livianos. Esto quiere decir que el valor final del coeficiente para vehículos de carga es igual a la suma del parámetro de livianos más el correspondiente de carga. Los resultados de este modelo se presentan en la Tabla 18. Los resultados son congruentes con la teoría económica, especialmente respecto al signo positivo del parámetro de ahorro en tiempo, y negativo del costo, lo cual sugiere que las rutas que tomen menos tiempo y de menor costo son preferidas.

Tabla 18. Resultados modelo elección de ruta

Parámetro	Coeficiente	t-test	t-test robusto
Constante nueva ruta	0	NA	NA
Constante actual	0.240	2.66	2.90
Ahorro tiempo de viaje	0.003	1.21	1.14
Costo vehículos livianos	-0.047	-4.84	-4.98
Costo C2P	0.020	2.17	2.39
Costo C2G	0.030	3.62	4.03
Costo C3 -C4	0.033	3.87	4.28
Costo C5	0.038	4.18	4.69
Costo C6	0.042	4.85	5.25

A partir de estos resultados se estiman los valores del tiempo (VOT por sus siglas en inglés) para cada tipología vehicular como la división del parámetro del tiempo entre el parámetro del costo. De esta manera se obtienen los valores presentados en la Tabla 19. Los resultados indican mayor disposición a pagar por parte de vehículos más pesados. Dado que no se cuenta con información de usuarios de transporte público, se toman valores de referencia de una versión previa del modelo desarrollado en el año 2019, en la cual se tiene que la relación entre el valor del tiempo de estos y los de vehículos livianos era de 0.567, por lo cual se tiene que manteniendo esta relación el valor del tiempo de los usuarios de transporte público es de $153 por minuto

Tabla 19. Valores del tiempo por tipología vehicular modo carretero

Tipología	VOT ($/min)	VOT ($/h)
Livianos	271	16248
C2P	335	20126
C2G	403	24152
C3-C4	475	28495
C5	563	33753
C6	681	40880

.

Respecto al modelo de elección de modo, se tienen dos versiones. Por un lado, se tiene una versión del modelo para los 14 segmentos a evaluar en las ZPP y segmentación DOMES, mientras que en por otro lado se tiene uno para la segmentación de carga de COMEX. En ambos casos las utilidades de las alternativas carretero, fluvial y férreo se definieron como función del tiempo de viaje en horas, del costo por tonelada, el número de transferencias requeridas para la alternativa, y la confiabilidad de la alternativa, expresada como el porcentaje de viajes que llegan demorados. Además, de manera similar al modelo de elección de ruta, se introducen variaciones aditivas en el costo, donde se usaron como base los segmentos Papel Cartón y Otros en la segmentación DOMES, y contenedores no refrigerados en COMEX.

Los resultados del modelo de elección de modo para la segmentación DOMES y ZPP se encuentra en la Tabla 20, en la cual se aprecia que se prefieren alternativas que tarden menos, con menor costo, con menor número de transferencias y con mayor confiabilidad, es decir, con menor porcentaje de viajes demorados. Además, en caso de tener las mismas características, la alternativa carretera es preferida por encima de la fluvial y férreo. A pesar de que algunos parámetros en las variaciones del costo por segmento son poco significativos en el modelo, se tienen que la magnitud de los coeficientes es coherente y dentro de los rangos esperados en comparación con otros modelos desarrollados en el país, por lo cual se mantienen en la versión final por motivos de evaluación de políticas y escenarios. Además, con estos resultados se estiman las tasas marginales de sustitución o disposiciones a pagar (WTP por sus siglas en inglés) como la división de los parámetros correspondientes entre el parámetro del costo (ver Tabla 21).

Tabla 20. Resultados modelo de elección de modo segmentación DOMES y ZPP

Parámetro	Coeficiente	t-test	rob. T-test
Constante carretero	0.000	NA	NA
Constante fluvial	-1.113	-2.138	-1.601
Constante férreo	-0.566	-1.771	-1.230
Tiempo	-0.020	-1.104	-1.072
Costo Alimento Agro y Alimento animales	-0.004	-0.750	-0.419
Costo Alimentos Procesados y Bebidas	-0.008	-0.659	-0.433
Costo Animales vivos	0.011	1.623	1.578
Costo Combustibles e hidrocarburos	-0.028	-3.103	-1.623
Costo Grasas aceites	0.001	0.105	0.091
Costo Maderas y Materiales de construcción y Minerales	-0.007	-0.623	-0.315
Costo Producción Industrial	-0.001	-0.103	-0.069
Costo Papel Cartón y Otros	-0.026	-5.014	-4.142
Transferencias	-0.142	-1.225	-0.940
Confiabilidad	-0.049	-4.091	-2.895

Tabla 21. Disposiciones a pagar por segmento COMES y ZPP

No	Segmento	VOT ($/min)	WTP transferencias ($/ton)	WTP confiabilidad ($/%)
1	Alimento Agro	651	4585	1594
2	Alimento animales	651	4585	1594
3	Alimentos Procesados	581	4090	1422
4	Animales vivos	1333	9386	3263
5	Bebidas	581	4090	1422
6	Combustibles	372	2619	910
7	Grasas aceites	801	5637	1959
8	Hidrocarburos	372	2619	910
9	Maderas	611	4302	1495
10	Materiales de construcció	611	4302	1495
11	Minerales	611	4302	1495
12	Papel cartón	762	5364	1865
13	Producción Industrial	732	5153	1791
14	Otros	762	5364	1865

De manera análoga, la Tabla 22 incluye los resultados del modelo y la Tabla 23 las disposiciones a pagar de la segmentación COMEX. Cabe aclarar que, en el caso de granel sólido y líquido, así como en hidrocarburos crudos y refinados, se agregaron los parámetros correspondientes ya que no se evidenciaron diferencias en estos. Además, se aplican los mismos criterios de selección de variables presentados anteriormente, en donde se mantienen variables poco significativas pero relevantes por motivos de evaluación de política. Se observa además que no se incluyen las variaciones sistemáticas en el costo para los segmentos carbón térmico y carbón metalúrgico debido a que no se contaban con observaciones de estas categorías en las PD. Por esta razón, para la definición de la utilidad marginal y VOT de estas dos categorías, se usaron los VOT de referencia del modelo de 2019, en el cual se tenía que los VOT de carbón término y metalúrgico era de $36/min, mientras que en el caso de hidrocarburos crudos y refinados el VOT era de $71/min, dando una relación entre ambos de 0.507. Considerando estos valores, para esta actualización se procura que se conserve el mismo cociente entre estos VOT, por lo cual si se tiene que el VOT actualizado de hidrocarburos es del orden de los $301/min, entonces en el caso de los carbones se espera un VOT de alrededor de $153/min.

Tabla 22. Resultados modelo de elección de modo segmentación COMEX

Parámetro	Coef.	t-test	rob. t-test
Constante carretero	0	NA	NA
Constante fluvial	-0.66	-1.29	-0.69
Constante férreo	-0.22	-0.71	-0.34
Tiempo de viaje	-0.03	-1.62	-1.32
Costo contenedores no refrigerados	-0.03	-6.92	-6.30
Costo contenedores refrigerados	0.01	1.83	4.24
Costo granel sólido y granel líquido	-0.04	-0.99	-0.80
Costo carga general	0.01	1.35	0.77
Costo hidrocarburos crudos e hidrocarburos refinados	-0.07	-3.36	-3.07
Transferencias	-0.23	-2.06	-1.18
Confiabilidad	-0.06	-5.04	-2.66

Tabla 23. Disposiciones a pagar por segmento COMEX

Cod Modelo	Segmento	VOT ($/min)	WTP transferencias ($/ton)	WTP confiabilidad ($/%)
1	Contenedores No Refrigerados	979	7828	2008
2	Contenedores Refrigerados	1483	11858	3042
3	Granel Sólido	407	3251	834
4	Granel Líquido	407	3251	834
5	Carga General	1246	9958	2555
6	Carbón Térmico	153	1222	313
7	Carbón Metalúrgico	153	1222	313
8	Hidrocarburos Crudos	301	2410	618
9	Hidrocarburos Refinados	301	2410	618

2.5. Arquitectura del proceso de modelación

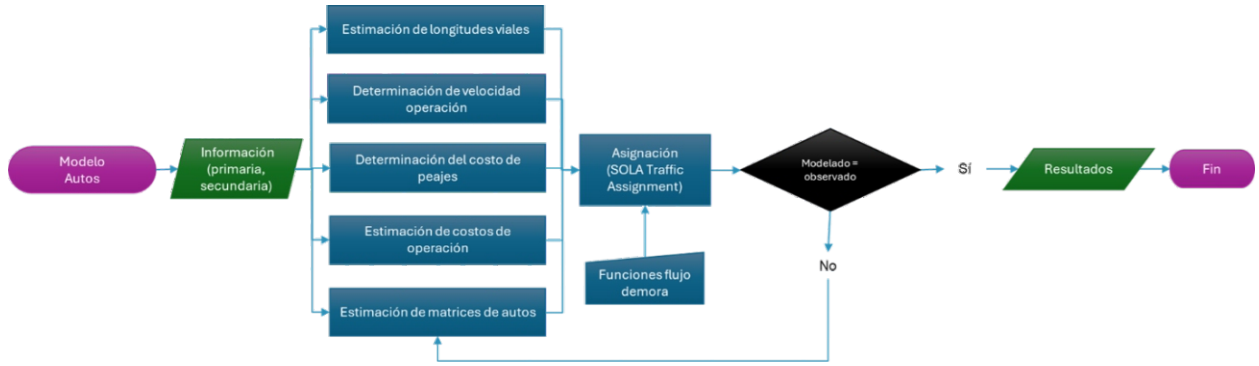
El proceso de modelación desarrollado en este estudio integra cuatro modelos específicos: automóviles, transporte público, carga doméstica y comercio internacional. Cada uno de estos modelos fue diseñado considerando las particularidades de su sistema de transporte respectivo, incorporando datos detallados sobre oferta y demanda, características de la infraestructura y parámetros operativos. Aunque cada modelo tiene su propia arquitectura y metodología, juntos forman un sistema integrado que permite analizar de manera consistente y robusta los flujos de transporte en Colombia, facilitando la evaluación de escenarios y la planificación estratégica.
La arquitectura de cada modelo se presenta a través de diagramas de flujo que ilustran las principales etapas, desde la recopilación de

datos hasta la validación y calibración de resultados. Estos diagramas muestran cómo los componentes individuales se articulan dentro de un marco metodológico común, destacando las interacciones entre modos y los pasos clave que garantizan la coherencia en el análisis global. Este enfoque integrado asegura que los resultados obtenidos sean representativos y útiles para la toma de decisiones en infraestructura y logística.

Modelo de Autos: El modelo de automóviles se desarrolló a partir de la recopilación de datos sobre volúmenes vehiculares, características de la red vial (velocidades, costos operativos y peajes) y matrices de demanda, actualizadas desde el modelo base de 2019 a 2022. La asignación de tráfico se realizó utilizando el método SOLA Traffic Assignment, considerando costos de viaje, longitudes y velocidades.

La calibración del modelo se efectuó mediante comparaciones con 286 datos observados en campo, incluyendo aforos vehiculares y estaciones de peaje. En casos de inconsistencias, se aplicaron reestimaciones iterativas de la matriz hasta alcanzar valores aceptables según los estadísticos coeficiente de determinación (R^2) y GEH. Una vez calibrado, el modelo fue validado y considerado apto para su uso en análisis de demanda. En el siguiente diagrama de flujo se representa la secuencia lógica de la arquitectura del modelo de autos, destacando las principales etapas y relaciones entre los procesos

Figura 18. Proceso de definición de la demanda en la situación base

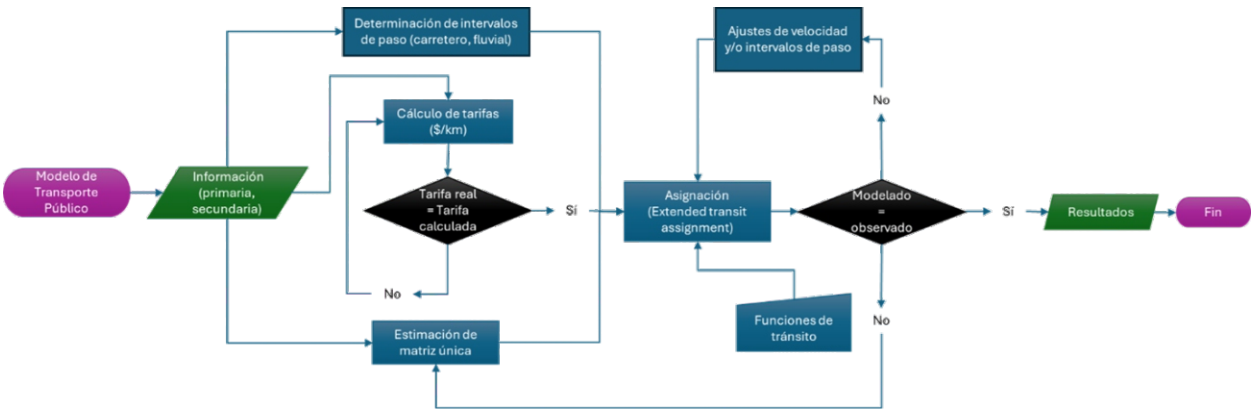


.

Modelo de transporte público: Este modelo se desarrolló a partir de información primaria y secundaria sobre rutas, tarifas, operadores, puntos de transferencia, pares origen-destino y normatividad, caracterizando tanto la oferta como la demanda del transporte público. Se recopiló información de 778 rutas, permitiendo calcular tarifas kilométricas ajustadas y estimar una matriz única para la demanda del modo carretero.

La asignación de tráfico se realizó mediante el método Extended Transit Assignment en EMME, considerando funciones de tránsito, oferta consolidada y demanda estimada. El modelo se calibró iterativamente, comparando los resultados obtenidos con datos observados en campo, ajustando las matrices y verificando la oferta hasta lograr consistencia entre los valores modelados y observados. En el siguiente diagrama de flujo se representa la secuencia lógica de la arquitectura del modelo de transporte público, destacando las principales etapas y relaciones entre los procesos.

Figura 19. Proceso de definición de la demanda en la situación base



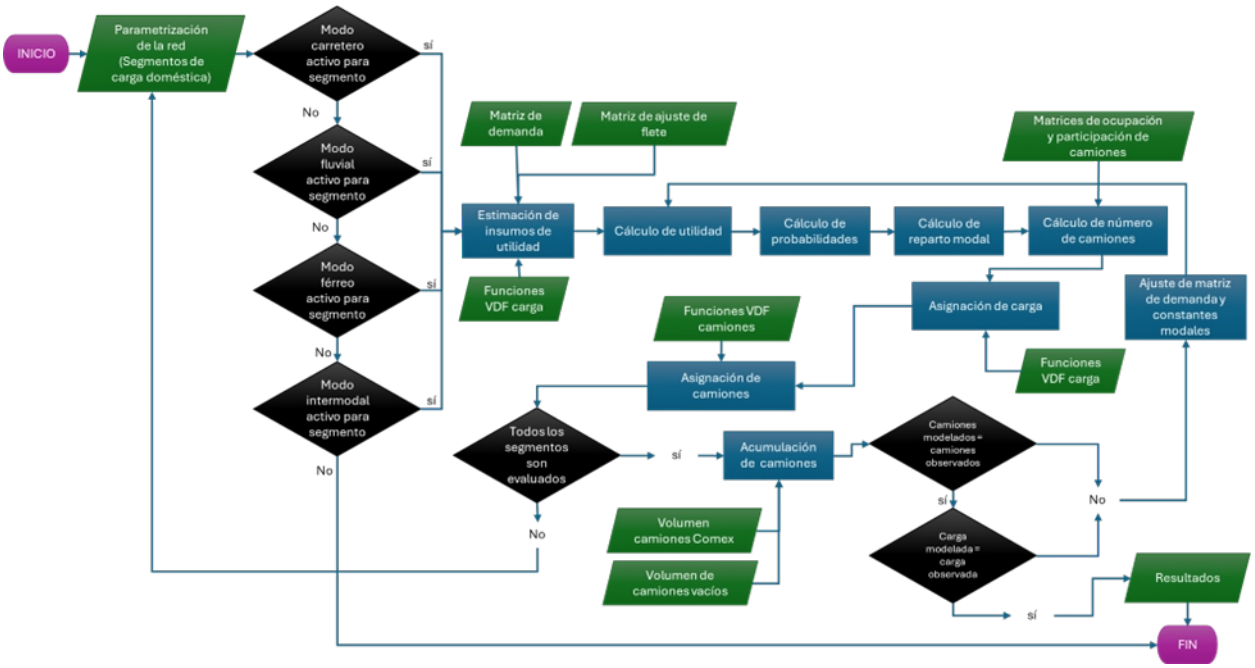
Modelo de transporte de carga domestica: El modelo de carga doméstica se desarrolló a partir de información sobre tipo de terreno, velocidades de operación, encuestas origen-destino dirigidas a generadores de carga y transportistas, costos de peajes y tipos de infraestructura (carretero, fluvial y férreo). Los datos de demanda se complementaron con información secundaria del Registro Nacional de Despachos de Carga, la Superintendencia de Transporte y el modelo base PMTI 2019.

A partir de la información recolectada, se parametrizó la red de modelación y se construyeron matrices de carga en toneladas por año, organizadas en 14 segmentos: alimentos agro, alimentos para animales, alimentos procesados, animales vivos, bebidas (con y sin alcohol), combustibles, grasas y aceites animales o vegetales, hidrocarburos, maderas, materiales de construcción, minerales, papel y cartón, producción industrial y otros.

La modelación incluyó el cálculo de utilidades para cada modo habilitado (carretero, férreo, fluvial e intermodal) para distribuir la carga entre estos. Con las matrices de ocupación y participación, los valores de carga se transformaron a número de camiones diarios. Posteriormente, se realizaron asignaciones de carga y camiones, obteniendo la distribución en la red y el número de vehículos necesarios.

Los resultados se validaron comparando la carga asignada con registros por tramo férreo y fluvial, mientras que para el modo carretero se comparó la suma de camiones (nacional, internacional y vacíos) con los volúmenes registrados en peajes y puntos de aforo en las ZPP. En el siguiente diagrama de flujo se describe la arquitectura del modelo de carga doméstica, destacando las principales etapas y relaciones entre los procesos.

Figura 20. Proceso de definición de la demanda en la situación base

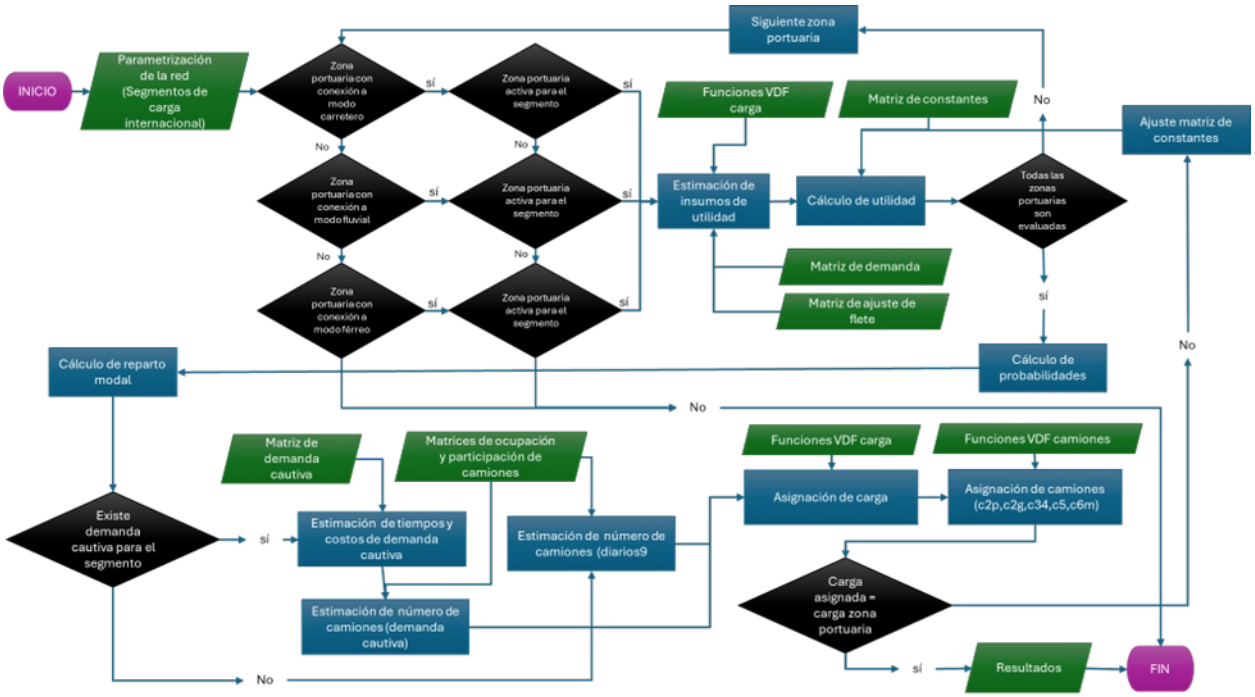


Modelo de transporte de carga de comercio exterior: El modelo de comercio internacional se basó en información primaria y secundaria sobre tipo de terreno, velocidades de operación, encuestas origen-destino, costos de peajes y tipos de infraestructura utilizada (carretero, fluvial y férreo). Los datos de demanda se organizaron en matrices anuales según nueve segmentos de carga: contenedores no refrigerados, contenedores refrigerados, granel sólido, granel líquido, carga general, carbón térmico, carbón metalúrgico, hidrocarburos crudos e hidrocarburos refinados.

La red se parametrizó con las condiciones específicas de cada segmento. Se realizaron cálculos de utilidades para cada modo y zona portuaria habilitada, lo que permitió distribuir la carga. A partir de esta distribución, se calculó el número de camiones diarios, diferenciando entre demandas cautivas (infraestructuras propias) y no cautivas. Posteriormente, se realizaron asignaciones de carga y camiones por las alternativas modo-zona portuaria.

Los resultados se validaron comparando la carga asignada con volúmenes registrados en zonas portuarias, así como con registros de carga en tramos férreos y fluviales. Este proceso aseguró la consistencia entre los volúmenes modelados y los datos observados. En el siguiente diagrama de flujo se describe la arquitectura del modelo de comercio internacional, destacando las principales etapas y relaciones entre los procesos.

Figura 21. Proceso de definición de la demanda en la situación base



Cada modelo desarrollado cuenta con scripts específicos que automatizan y estructuran los procesos de parametrización, asignación y validación de datos, garantizando consistencia y eficiencia en el análisis. Estos scripts, implementados en herramientas como EMME, permiten realizar iteraciones de calibración, generar matrices de demanda y simular flujos de transporte bajo diferentes escenarios. Además, la arquitectura modular de los modelos facilita su actualización y adaptabilidad, permitiendo incorporar nuevos datos o realizar ajustes según las necesidades del análisis. Este enfoque asegura que cada modelo pueda operar de manera independiente, pero al mismo tiempo contribuye a un sistema integrado que captura de manera precisa las dinámicas del transporte en sus diferentes modalidades.

2.6. Calibración del escenario base 2022

La calibración del modelo de transporte para el escenario base 2022 se llevó a cabo empleando indicadores clave que garantizan la coherencia entre los datos modelados y los observados. Los dos principales indicadores utilizados fueron la regresión lineal y el GEH (Geoffrey E. Havers), ampliamente reconocidos por su capacidad para medir la correlación y las diferencias entre volúmenes de tráfico.

En el caso de la regresión lineal, se utilizó para evaluar la relación entre los datos observados y modelados, buscando una pendiente (m) cercana a 1 y un coeficiente de determinación (R^2) superior a 0.9. La pendiente permitió identificar posibles sobre o subrepresentaciones en los volúmenes modelados: valores superiores a 1 indican una sobreestimación, mientras que valores inferiores a 1 sugieren una subestimación. Por su parte, el GEH se utilizó para medir las diferencias entre los volúmenes modelados y observados, considerando valores estándar de tolerancia para determinar la calidad del ajuste. Adicionalmente, se verificaron longitudes, tiempos y costos de viaje utilizando datos del sistema SICE-TAC, asegurando consistencia en los resultados.

La calibración del transporte de carga se realizó en dos etapas principales. En la primera etapa, se ajustaron los segmentos de carga internacional en las zonas portuarias, utilizando matrices de origen-destino (OD) y volúmenes registrados para cada segmento. Esta etapa incluyó la parametrización de la red y la asignación de volúmenes basados en cálculos de utilidad modal. En la segunda etapa, se calibraron los volúmenes de camiones en peajes y puntos de aforo, incorporando ajustes iterativos para asegurar la coherencia entre los volúmenes de campo y los modelados. Este proceso incluyó gráficos de dispersión y análisis de coeficientes R^2 para validar la calidad de los ajustes. Para la carga doméstica, se realizaron procedimientos similares, ajustando matrices vehiculares y asegurando que la distribución de camiones reflejara adecuadamente las condiciones observadas en las ZPP y corredores logísticos principales.

A continuación, en la siguiente tabla se presentan los principales indicadores obtenidos para cada modelo, destacando los valores de calibración alcanzados en términos de correlación, consistencia y ajustes realizados.

Tabla 24. Indicadores de Calibración para cada submodelo

Submodelo	R^2	m	% GEH <5	% GEH <10	% GEH <12
Autos	0.999	0.997	93.29%	99.29%	100.00%
Transporte público carretero	0.988	1.001	65.02 %	92.61%	100.00%
Comercio exterior - Carga general	0.9982	1.022	NA	NA	NA
Comercio exterior – Contenedores no refrigerados	1.000	1.000	NA	NA	NA
Comercio exterior – Contenedores refrigerados	1.000	0.999	NA	NA	NA
Comercio exterior – Carbón Metalúrgico y Coque	1.000	0.999	NA	NA	NA
Comercio exterior – Carbón Térmico	1.000	1.000	NA	NA	NA
Comercio exterior – Granel Liquido	1.000	1.004	NA	NA	NA
Comercio exterior – Granel Solido	1.000	1.001	NA	NA	NA
Comercio exterior – Hidrocarburos curdos	1.000	1.000	NA	NA	NA
Comercio exterior – Hidrocarburos refinados	1.000	1.000	NA	NA	NA
Camiones de 2 ejes pequeños	0.972	0.926	85.98%	97.35%	100.00%
Camiones de 2 ejes grandes	0.971	0.959	94.01%	97.38%	100.00%
Camiones de 3 y 4 ejes	0.971	0.949	97.31%	99.23%	100.00%
Camiones de 5 ejes	0.916	0.918	93.21%	99.25%	100.00%
Camiones de 6 ejes o más	0.929	0.937	88.97%	98.86%	100.00%
Camiones de 2 ejes pequeños en ZPP	0.972	0.985	93.33%	98.33%	100.00%
Camiones de 2 ejes grandes en ZPP	0.993	0.981	100.00%	100.00%	100.00%
Camiones de 3 y 4 ejes en ZPP	0.964	1.023	98.36%	100.00%	100.00%
Camiones de 5 ejes en ZPP	0.948	1.013	97.80%	100.00%	100.00%
Camiones de 6 ejes o más en ZPP	0.977	1.072	96.72%	100.00%	100.00%
Control Fluvial – Alimentos agro	0.999	0.997	NA	NA	NA
Control Fluvial – Alimentos procesados	0.999	0.989	NA	NA	NA
Control Fluvial – Animales vivos	1.000	1.010	NA	NA	NA
Control Fluvial – Bebidas con y sin alcohol	0.790	0.888	NA	NA	NA
Control Fluvial – Grasas y aceites	1.000	0.993	NA	NA	NA
Control Fluvial – Hidrocarburos	1.000	1.000	NA	NA	NA
Control Fluvial – Maderas	1.000	0.999	NA	NA	NA
Control Fluvial - Minerales	1.000	1.000	NA	NA	NA
Control Fluvial - Otros	0.995	0.987	NA	NA	NA
Control Fluvial – Papel y cartón	1.000	0.999	NA	NA	NA
Control Fluvial – Producción industrial	0.959	0.951	NA	NA	NA
Control Fluvial y Férreo – Mat. de construcción	0.997	0.991			
Control Fluvial y Férreo - Combustibles	0.999	0.992			
Tiempos	0.9765	1.009	NA	NA	NA

Como resultado del proceso de calibración, todos los submodelos desarrollados para el escenario base 2022 incluyendo automóviles, transporte público, carga doméstica y comercio internacional han sido debidamente calibrados. Esto asegura que los volúmenes de tráfico, las matrices de demanda y los indicadores clave representen fielmente las condiciones observadas en campo y las dinámicas reales del transporte en Colombia. La integración de metodologías robustas y la validación iterativa de los datos han permitido garantizar la consistencia y precisión de cada submodelo, proporcionando una base sólida para la planificación y evaluación de escenarios futuros.

3.ESTIMACIÓN DE DEMANDA PARA LOS CORREDORES

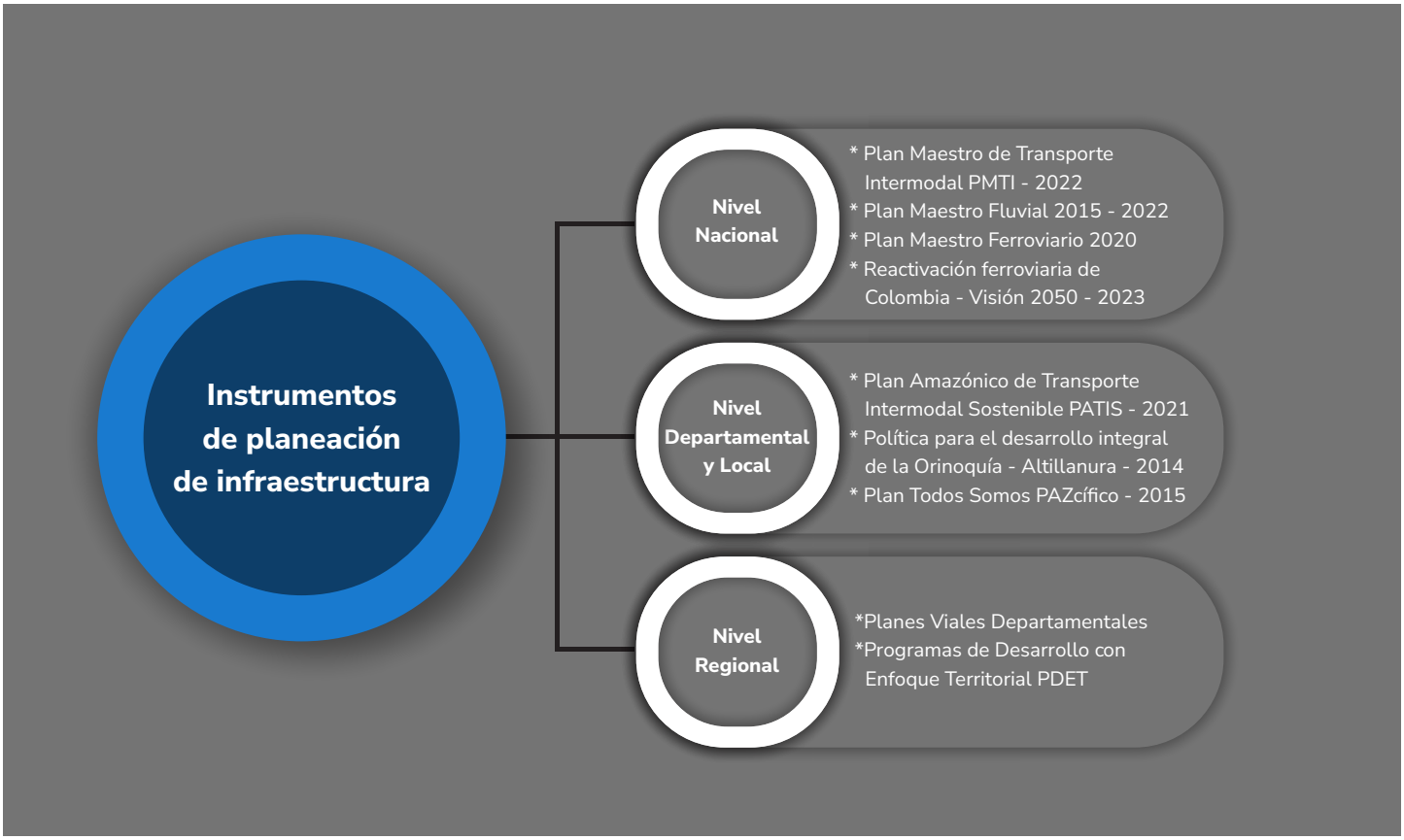
3.1. Definición de los proyectos de infraestructura intermodal en las zonas con potencial productivo

Con el objetivo de definir los corredores de estudio para los escenarios futuros del proyecto, fue necesario el análisis de información primaria y secundaria, que permitió conocer la proyección de los planes gubernamentales a nivel local, regional y nacional; es por esto por lo que inicialmente se realizó la recolección de información, clasificación y definición de proyectos para las zonas con potencial productivo.
Los corredores de interés propuestos para estudio por la Unidad de Planeación e Infraestructura de Transporte (UPIT), examinando su alineación y coincidencia con los proyectos previamente identificados en los instrumentos de planeación estratégica antes descritos. La revisión se enfocó en identificar las sinergias y potenciales duplicidades entre los corredores propuestos y los proyectos ya en curso, asegurando que las nuevas propuestas se integren de manera efectiva dentro de las estrategias nacionales de desarrollo de infraestructura.
Luego de conocer las iniciativas actuales respecto a los corredores de importancia para la conexión de este territorio de las ZPP, se realizó una caracterización general de estos, en contextos ambientales y socioeconómicos que permitieran reconocer el rango de importancia de estos para este territorio; es así como finalmente se definen los corredores a incorporar para la etapa de modelación, se definen sus horizontes temporales y parametrización correspondiente. Donde cada corredor involucra la multimodalidad como parte complementaria para ir de un origen a un destino, permitiendo la interconexión de proyectos.

3.1.1. Revisión de instrumentos de formulación de planes, programas y proyectos

Como parte de la revisión de información secundaria para conformar los escenarios a futuros, se realizó una revisión documental de la [planeación de la infraestructura de transporte en los modos carretero, fluvial y férreo en la zona de estudio y enfocada en los departamentos correspondientes a las ZPP. La información secundaria se recopila a partir de los documentos de nivel nacional y regional o departamental presentados en la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.

Figura 22. Relación de instrumentos de planeación de sector transporte



[8] Intermodalidad: Movimiento de mercancías desde un origen a un destino por medio de una secuencia o una trayectoria que incluye por lo menos dos modos de transporte (CONPES 3982, 2020).

A escala nacional se incluye en el Plan Nacional de Desarrollo (2018-2022) que integra una visión territorial fundamentada en la necesidad de conectar no solo el territorio sino el gobierno y las poblaciones en su conjunto. Este pacto contempla la incorporación de corredores estratégicos intermodales : red de transporte nacional, nodos logísticos y eficiencia modal.

Como instrumentos específicos de planeación de infraestructura de transporte, se cuenta con la actualización y revisión del plan maestro de transporte intermodal (2015-2035) y del plan maestro fluvial adelantado por el Departamento Nacional de Planeación en convenio con la Financiera de Desarrollo Nacional FDN

Estos proyectos fueron contrastados frente a diversas iniciativas de proyectos de transporte intermodal impulsadas por las entidades del sector transporte, orientadas a optimizar la eficiencia y sostenibilidad de la infraestructura de movilidad en el país. Estos proyectos intermodales, que integran diferentes modos de transporte, buscan conformar una red cohesiva para mejorar la conectividad y la fluidez en el tránsito de mercancías y personas tanto a nivel nacional como internacional. La implementación de estas iniciativas responde no solo a la necesidad de optimizar la eficiencia operativa y reducir costos logísticos, sino también a la de minimizar el impacto ambiental mediante la promoción de prácticas de transporte sostenibles. La planificación y ejecución de estos proyectos refleja un enfoque técnico y estratégico, destinado a fortalecer la competitividad del sector transporte y apoyar el desarrollo económico sustentable del país.

Figura 23. Proyectos intermodales.



3.1.2. Caracterización conceptual de viabilidad ambiental de los corredores propuestos

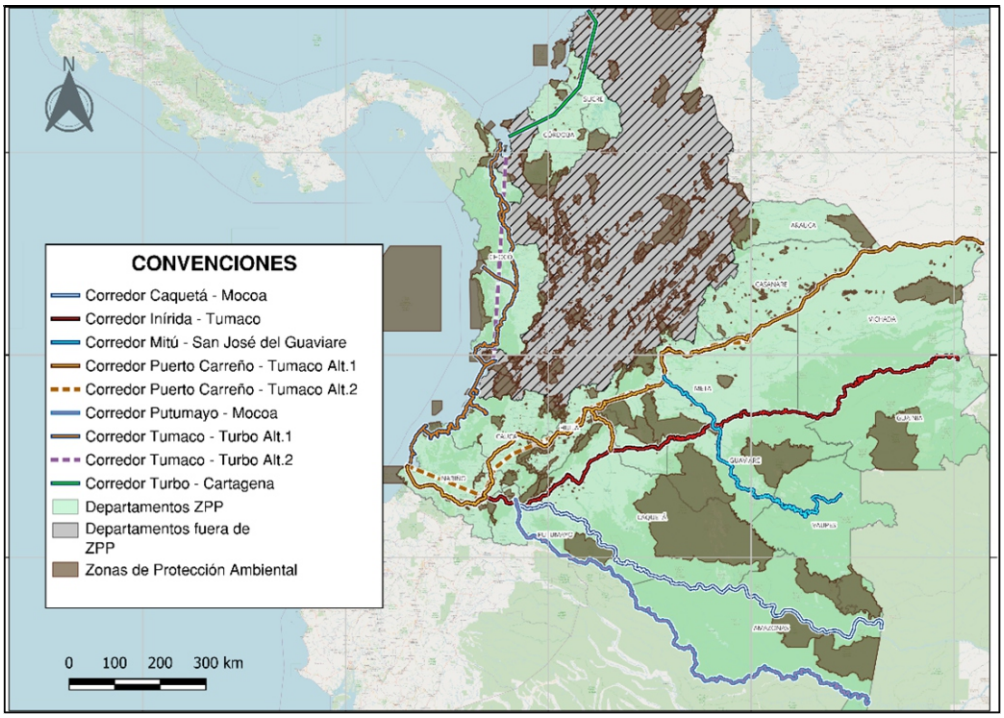
La definición de los corredores de transporte debe fundamentarse en un análisis conceptual que garantice su viabilidad ambiental. Este proceso incluyó una revisión exhaustiva de la cartografía existente del Sistema Nacional de áreas protegidas (SINAP), donde se identificaron elementos críticos como reservas naturales, resguardos indígenas, cuerpos de agua y otros componentes ambientales de relevancia que deben ser considerados en la planificación de los proyectos.

Como resultado de este análisis, se generan recomendaciones específicas que deberán ser incorporadas para mejorar la viabilidad de los corredores propuestos para asegurar que los proyectos se desarrollen de manera sostenible, respetando el entorno natural y minimizando los impactos negativos sobre los ecosistemas. De esta forma, se busca que la planificación y ejecución de los corredores de transporte se realice en armonía con el medio ambiente, contribuyendo al desarrollo sustentable y al bienestar de las comunidades afectadas.

A continuación, se describe para cada uno de los corredores propuestos, en sus alternativas analizadas, la interacción del trazado con las zonas de protección ambiental identificadas en el Sistema de Información Ambiental de Colombia del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

[9] Portal de Datos Abiertos del Sector Ambiente (arcgis.com)

Figura 24. Análisis geográfico interacción corredores – áreas protegidas



3.1.3. Caracterización socioeconómica de los corredores

Se integró información socioeconómica relacionada con la identificación de la cantidad de municipios y habitantes que podrían verse beneficiados con la implementación de los corredores y la promoción del desarrollo económico en las regiones en estudio a partir de la identificación de proyectos productivos. La coincidencia del trazado de estos corredores con áreas de alto valor ambiental y social será un factor determinante en la toma de decisiones para su viabilidad y priorización dentro de la cartera de proyectos de la UPIT.

Tabla 25. Municipios y población beneficiada

Corredor	Número de Municipios Beneficiados	Población beneficiada (Proyección DANE 2022)
Tumaco – Inírida	36	1.627.264
Mitú – Granada	11	251.593
Tumaco – Puerto Carreño	56	3.115.118
Río Caquetá – Mocoa	13	206.165
Río Putumayo – Mocoa	9	216.429
Tumaco – Turbo (Alt Fluvial)	26	851.513
Tumaco – Turbo (Alt Férrea)	24	862.530
Turbo - Cartagena	11	1.173.501

Como referencia para el análisis del potencial productivo, se consideraron los proyectos futuros con capacidad de generar carga. En este contexto, se revisaron 41 fuentes de información pública, incluyendo programas de desarrollo con enfoque territorial, planes de desarrollo, y planes plurianuales de inversiones, entre otros, logrando identificar 383 proyectos de inversión en las ZPP. De estos, 362 se clasificaron como generadores de carga, mientras que los restantes no generaban carga, al estar orientados a formación, buenas prácticas o certificaciones. Si bien no fue posible determinar una contribución estimada en toneladas de carga, se utilizó el valor de cada proyecto como indicador de su importancia relativa dentro de cada región. Los 362 proyectos productivos se ubicaron geográficamente por municipio y se compararon con los proyectos de infraestructura para evaluar su coincidencia. En cada proyecto se valoró, además, la continuidad o la intermodalidad entre diferentes modos de transporte.

Tabla 26. Consolidación análisis de proyectos

CORREDOR	KM	ORDEN NACIONAL	ORDEN REGIONAL	AREAS PROTEGIDAS	ENTIDADES TERRITORIALES	POBLACIÓN	PROYECTOS PRODUCTIVOS
Tumaco - Inírida	2917	4	1	7	36	1.627.264	$472.452
Mitú - Granada	960	3	3	1	11	251.593	$135.197,23
Tumaco - Pto Carreño	2381	11	2	7	56	3.115.118	$441.069
Rio Caquetá - Mocoa	1408,5	1	2	1	13	206.165	$62.417
Rio Putumayo - Mocoa	1419	2	1	1	9	216.429	$42.049,00
Tumaco - Turbo	1260	3	1	7	26	851.513	$324.560
Turbo - Cartagena	370	0	0	3	11	1.173.501	0

3.1.4. Definición de corredores a incorporar

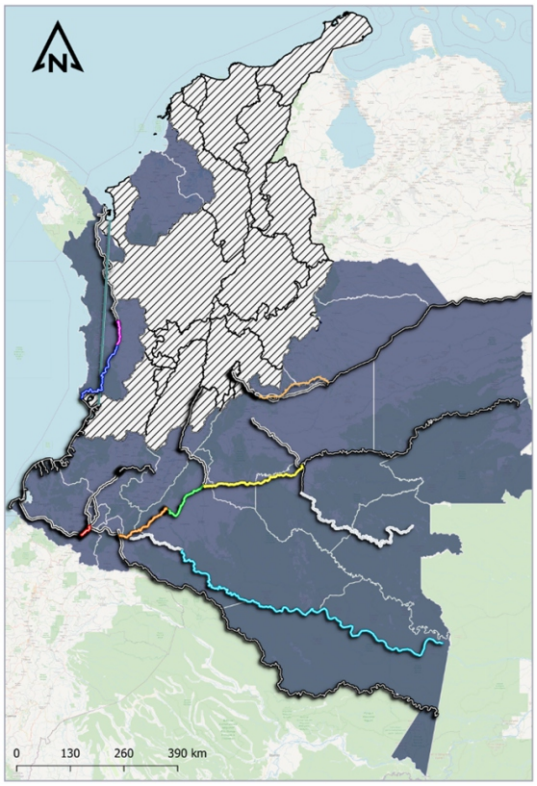
En este análisis de factibilidad para priorizar corredores de transporte, se han considerado aspectos clave como la extensión, el número de entidades territoriales y áreas protegidas involucradas, la población impactada y los proyectos productivos en cada corredor. Con base en estos criterios, los corredores propuestos presentan características diversas que ameritan su evaluación en función de sus fortalezas y limitaciones.

1. Tumaco - Inírida (2917 km): Este corredor destaca por su conectividad interregional entre el Pacífico, la Amazonía y la Orinoquía, lo cual facilita la movilidad multimodal y contribuye a la cohesión territorial. Los proyectos en ejecución y en planeación, tanto nacionales como regionales, son un factor positivo, al igual que su potencial para integrar transporte terrestre y fluvial. No obstante, enfrenta el desafío de proyectos inactivos y restricciones ambientales que podrían afectar tanto los costos como los plazos de ejecución.
2. Tumaco - Puerto Carreño (2381 km): Este corredor se distingue por impactar una gran población y abarcar numerosos municipios, lo que amplía su potencial de desarrollo regional. Su integración multimodal (vías fluviales, ferroviarias y carreteras) y la mayor cantidad de proyectos en estado activo en comparación con otros corredores aumentan su atractivo. Sin embargo, la presencia de áreas protegidas representa un reto ambiental considerable que requeriría un análisis detallado para evitar o mitigar posibles impactos.
3. Tumaco - Turbo (1260 km): Este corredor es una opción relevante gracias a su longitud moderada y a la posibilidad de implementarse en modos fluviales o ferroviarios, lo que facilita una innovación en estas zonas del país. Aunque los proyectos de infraestructura activa en este corredor son limitados, la presencia de la Acuapista del Pacífico es un elemento estratégico importante. Las restricciones ambientales y la baja cantidad de proyectos productivos limitan su impacto económico y social.
4. Mitú - Granada (960 km): Este corredor es principalmente fluvial, lo cual le permite conectar zonas estratégicas en Guaviare y Vaupés. Su inclusión en planes nacionales y regionales como el PMTI, PMF y PATIS respalda su desarrollo, aunque los desafíos de conectividad por su baja densidad poblacional y los proyectos actualmente inactivos limitan su potencial. Además, la dependencia de infraestructura portuaria y las limitaciones de navegación añaden complejidades técnicas y financieras.
5. Río Putumayo - Mocoa (1419 km): Este corredor presenta ventajas en términos de conectividad fluvial y es altamente relevante en términos de logística. Aunque la población beneficiada es limitada en comparación con otros corredores, su impacto positivo en sectores estratégicos como la agricultura y la minería podría generar efectos multiplicadores. Las menores restricciones ambientales en esta ruta son una ventaja adicional, aunque su dependencia de acuerdos internacionales y su impacto económico limitado son consideraciones clave.

Corredores con menor prioridad:

6. Río Caquetá - Mocoa (1408.5 km): A pesar de su longitud, este corredor afecta una población reducida y cuenta con pocos proyectos productivos. Las limitaciones de navegabilidad en algunos tramos del río Caquetá y la dependencia de infraestructura fluvial subdesarrollada limitan su viabilidad para un análisis de factibilidad detallado.
7. Turbo - Cartagena (370 km): Este corredor es el más corto y conecta dos ciudades importantes; sin embargo, su impacto en términos de población, proyectos productivos y entidades territoriales es reducido, lo que limita su interés para un análisis detallado.

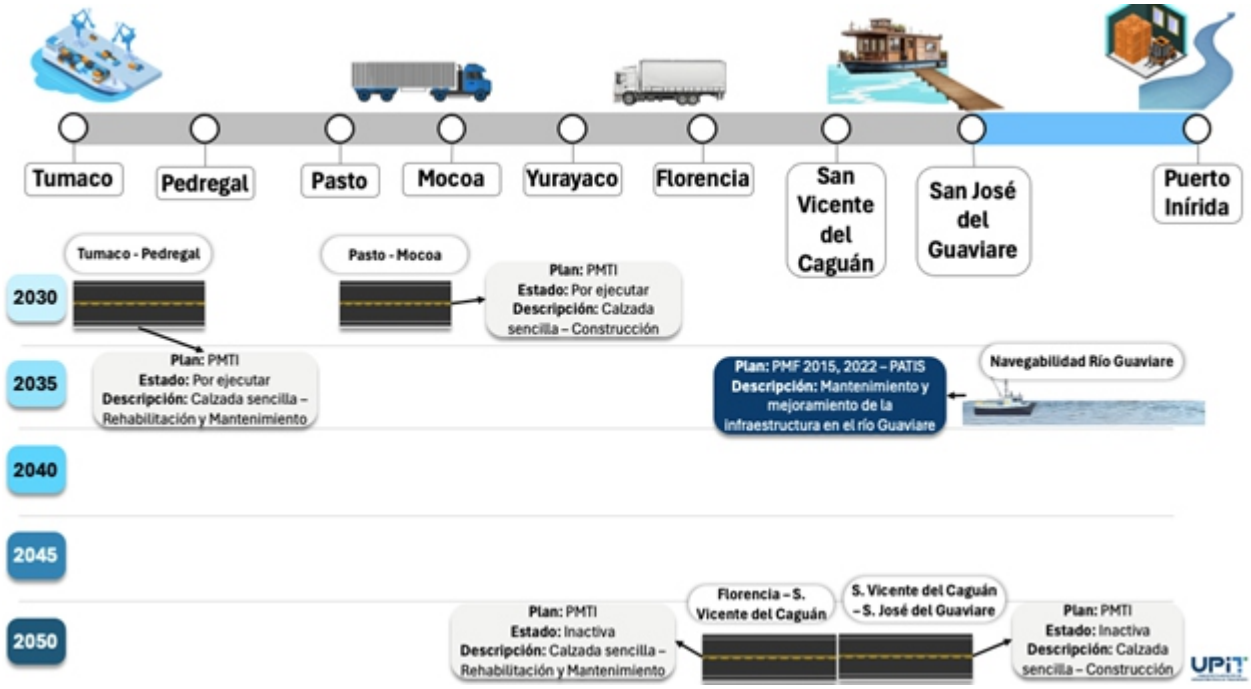
Figura 25. Corredores a incorporar



3.1.5. Horizontes temporales de implementación de corredores

Respecto a los horizontes temporales proyectados, y luego de haber analizado los diferentes instrumentos de planeación previamente mencionados se puede interpretar el avance de los proyectos según sus plazos de ejecución de la siguiente forma:

Figura 26. Horizontes de implementación. Corredor Inírida - Tumaco

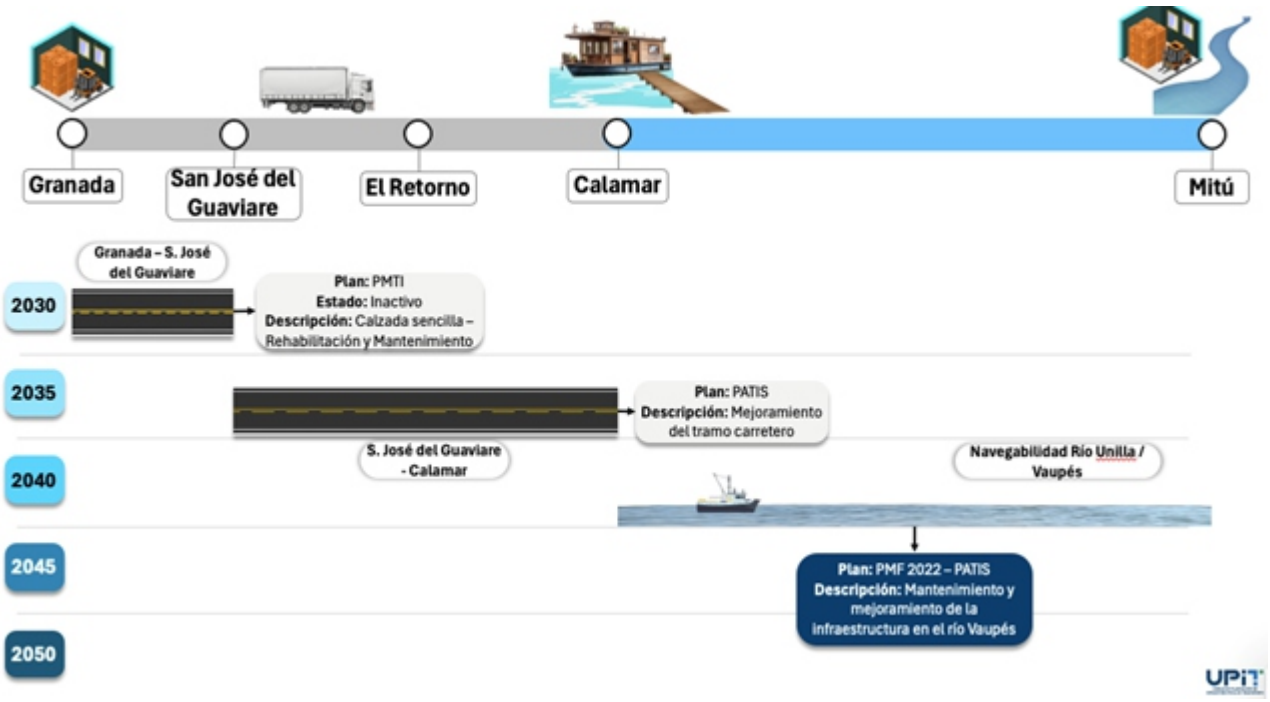


2030: para este año se habrían llevado a cabo dos proyectos carreteros, el primero que comprende la vía entre Tumaco y Pedregal y el segundo entre Pasto y Mocoa, ambos propuestos por el PMTI, que actualmente se encuentran por ejecutar, el primero enfocado en rehabilitación y mantenimiento de la vía actual y el segundo en la construcción de calzada sencilla.
2035: Este horizonte temporal aportaría al corredor un avance en temas fluviales sobre el río Guaviare, conocido en PATIS, se realizaría el mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura en este río.
2050: Finalmente, para el año 2050 se encuentran dos proyectos carreteros que actualmente tienen estado inactivo, estos son la vía Florencia – San Vicente del Caguán que tendrá acciones de rehabilitación y mantenimiento de su calzada sencilla, y por otro lado, la vía San Vicente del Caguán – San José del Guaviare, donde se construirá una calzada sencilla.

- Corredor Mitú – Granada

Este corredor cuenta con incidencia en 3 departamentos que son Meta, Guaviare y Vaupés, con gran participación del modo fluvial a través del río Vaupés, integrado al modo carretero en el Municipio de Calamar hasta Granada en el departamento del Meta.

Figura 27. Horizontes de implementación. Corredor Mitú - Granada

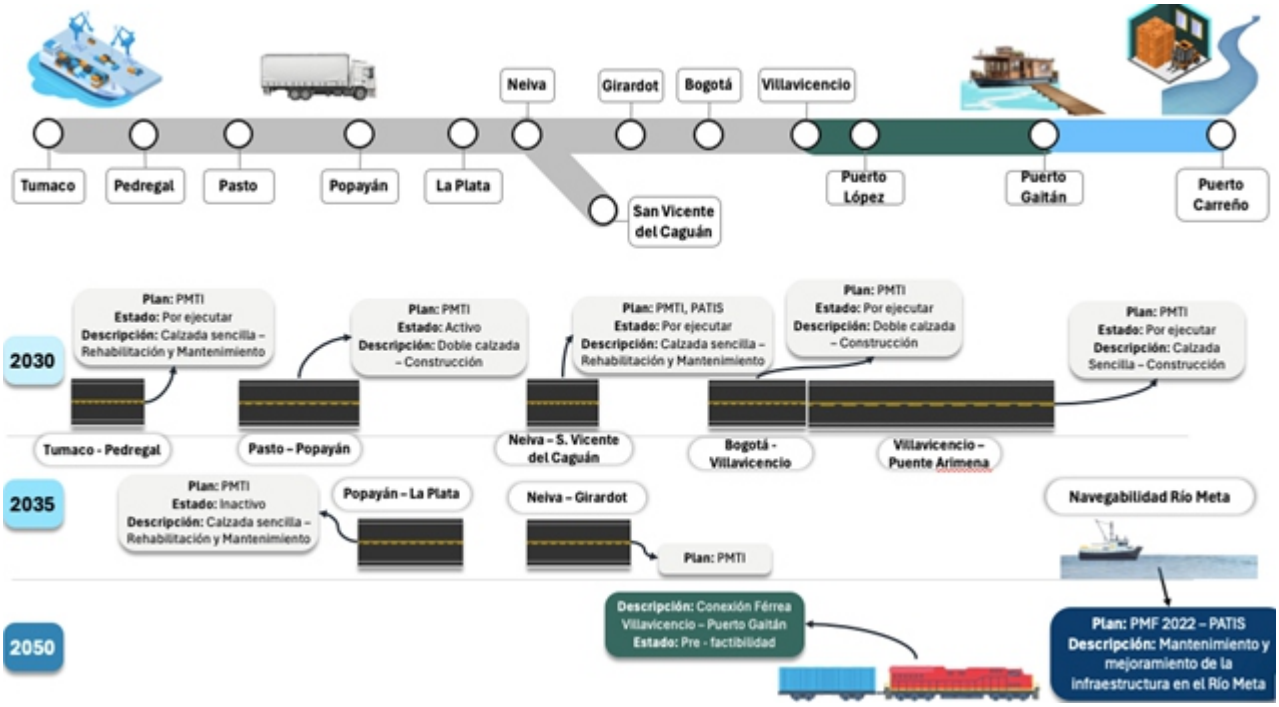


2030: Propuesto por el PMTI para este año se prevé contar con la calzada sencilla entre el municipio de Granada y San José de Guaviare rehabilitada y con trabajos de mantenimiento en la misma.
2035: Este horizonte temporal culminaría con los tramos carreteros del corredor, ya que por medio de PATIS se logró conocer la intención de mejorar la vía desde el municipio de San José del Guaviare, pasando por el retorno y terminando en Calamar, que es un importante nodo de intercambio modal.
2040: Para este año ya se contaría con la culminación de los trabajos en todo el corredor ya que planteado tanto en el PMF 2022 como en PATIS, se prevé el mantenimiento y mejoramiento del río Vaupés, lo que permitiría su conexión con el extremo del corredor en el municipio de Mitú.

- Corredor Tumaco – Puerto Carreño

Este corredor, siendo uno de los más extensos, atraviesa el país de oriente a occidente, iniciando en el departamento de Nariño, pasando por Popayán, Huila, Caquetá, Tolima, Cundinamarca, Meta, Casanare y Vichada, resaltando por ser aquél que integra el modo carretero, fluvial y férreo en su recorrido.

Figura 28. Horizontes de implementación. Corredor Tumaco - Puerto Carreño



2030: Este horizonte temporal tiene un importante avance en temas carreteros, inicialmente entre Tumaco y Pedregal actualmente por ejecutar se encuentra la rehabilitación y mantenimiento de esta calzada sencilla, desde pasto a Popayán actualmente en estado activo se encuentra el proyecto de construcción de doble calzada; entre Neiva y San Vicente del Caguán también por ejecutar la rehabilitación y mantenimiento de su calzada sencilla, finamente pendiente por ejecutar se encuentra la construcción de doble calzada entre Bogotá y Villavicencio, y la calzada sencilla entre Villavicencio y Puente Arimena.
2035: A este horizonte se empieza integrar el modo fluvial con intervención en la navegabilidad del río Meta, mencionado tanto en el PMF 2022 y en Patis, se prevé el mantenimiento y mejoramiento de su infraestructura, a su vez en el modo carretero tiene intervención en el tramo Popayán – La Plata y la autopista Neiva – Girardot.
2050: Para este año se contaría con el corredor férreo entre Villavicencio y Puerto Gaitán que actualmente se encuentra en estado de pre – factibilidad. Para efectos de la evaluación del corredor se proponen preliminarmente cuatro estaciones: una en Villavicencio conectando con el modo carretero; una en Puerto López con interconexión al modo carretero; una en el corregimiento de Santa Helena de Upía con Conexión carretera y la posibilidad de aprovechar el aeródromo que allí se localiza; y finalmente la conexión con el modo fluvial en Puerto Gaitán.

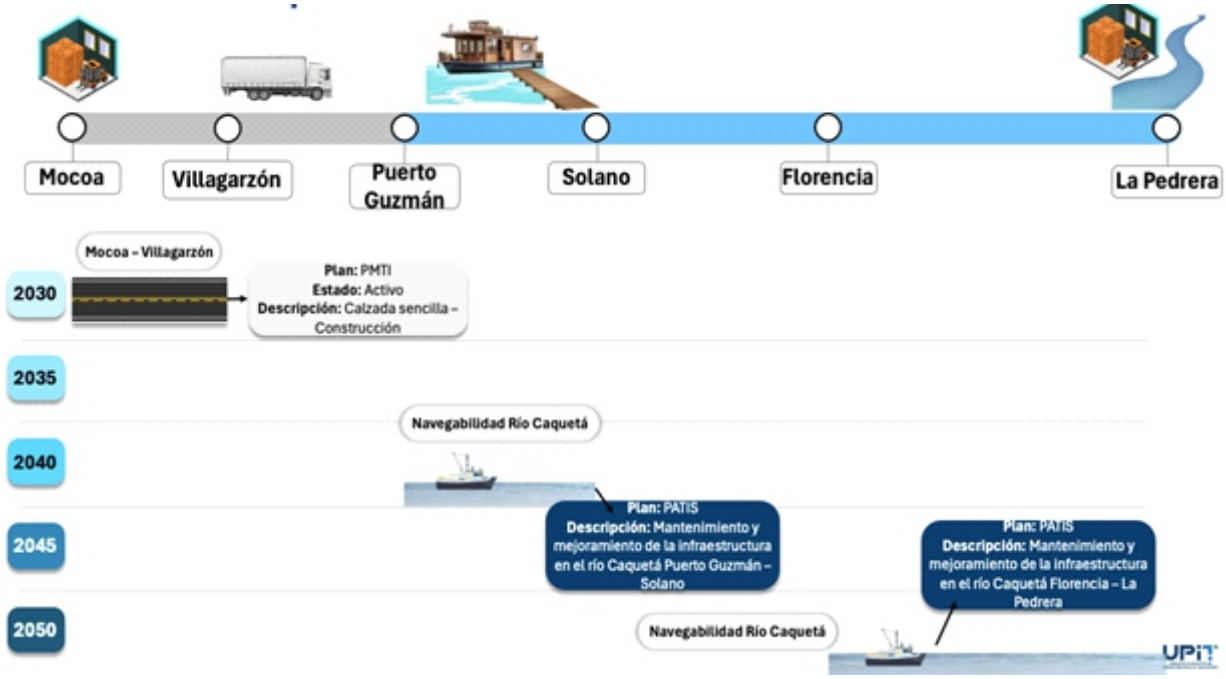
Figura 29. Estaciones propuestas corredor férreo



- Corredor Río Caquetá – Mocoa

Este corredor se caracteriza por tener una gran influencia del modo fluvial, en la mayoría de su recorrido, contando con solo unos pocos kilómetros del modo carretero iniciando en el departamento de Putumayo más exactamente en Mocoa, pasando por el municipio de Villagarzón hasta llegar a Puerto Guzmán, donde por medio de una plataforma de intercambio modal se integraría el río Caquetá hasta la zona de Araracuara donde culminaría su recorrido.

Figura 30. Horizontes de implementación. Corredor Río Caquetá - Mocoa

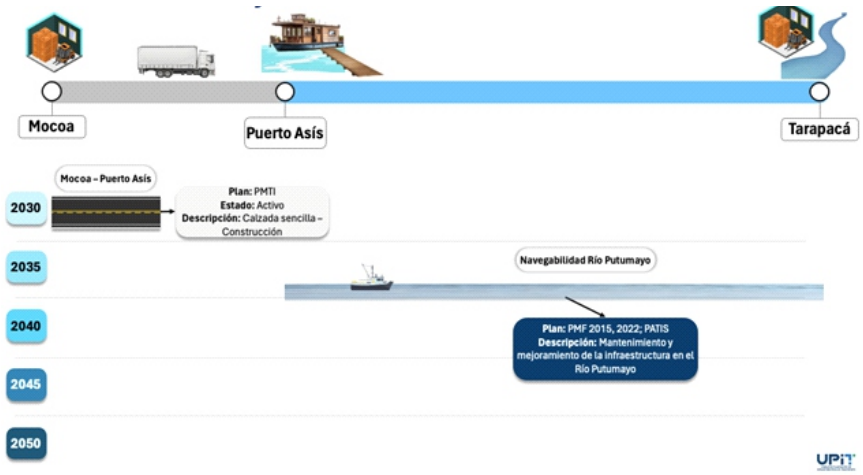


2030: Inicialmente se cuenta con el tramo carretero entre Mocoa y Villagarzón que actualmente se encuentra activo por parte del PMTI, que implica la construcción de la calzada sencilla entre estos municipios y que se proyecta este culminada para este horizonte temporal.
2040: Por medio de PATIS se logra conocer la intención de realizar mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura en el río Caquetá entre Puerto Guzmán y Solano.
2050: Finalmente para el año 2050 planteado también por PATIS se espera contar con el mantenimiento de la infraestructura del río Caquetá entre Florencia y La Pedrera.

- Corredor Río Putumayo – Mocoa

Este corredor al igual que el anterior prioriza el modo fluvial a través del río Putumayo, contando con solo un pequeño tramo carretero entre Mocoa y Puerto Asís, en el departamento del Putumayo, para luego integrarse con el modo fluvial hasta el departamento del Amazonas, específicamente el municipio de Tarapacá. Este corredor solo tiene incidencia en 2 horizontes temporales que son el 2030 y 2035, lo que quiere decir que para este año se esperaría contar con su correcta funcionalidad.

Figura 31. Horizontes de implementación. Corredor Río Putumayo - Mocoa



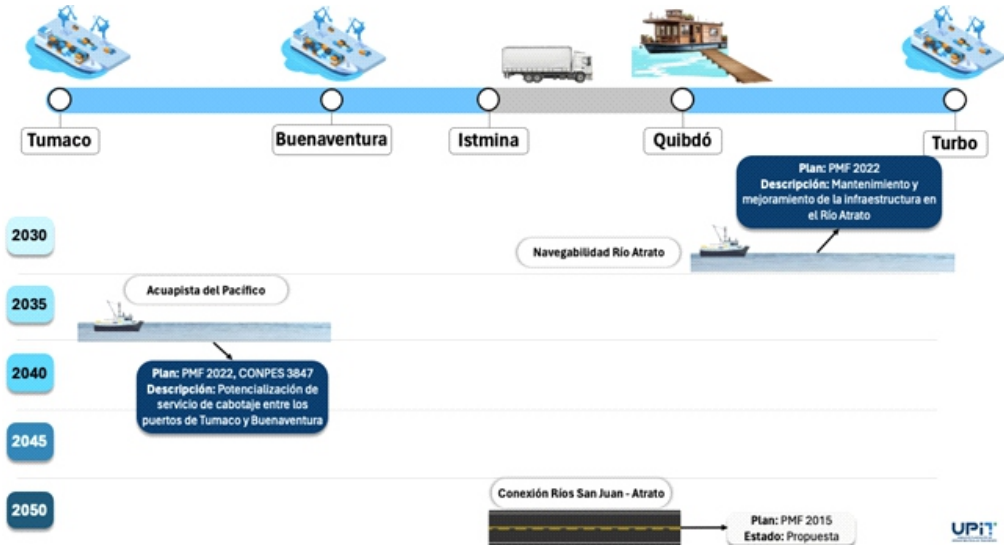
2030: Para el tramo carretero en este año se espera tener culminado el proyecto relacionado con la construcción de la calzada sencilla entre Mocoa y Puerto Asís, que actualmente se encuentra en estado activo por el PMTI.
2035: Terminando en este horizonte temporal el PMF del año 2015 y 2022 plantea el mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura en el Rio Putumayo.

- Corredor Tumaco – Turbo

Este corredor busca conectar la zona sur oriental del país con la zona nororiental, pasando por los departamentos de Nariño, Cauca, Valle del Cauca y Chocó; para este corredor se plantean dos alternativas, una consolidada en el modo fluvial y otra que busca innovar con el modo fluvial y su integración con el modo férreo.

- Conexión Fluvial

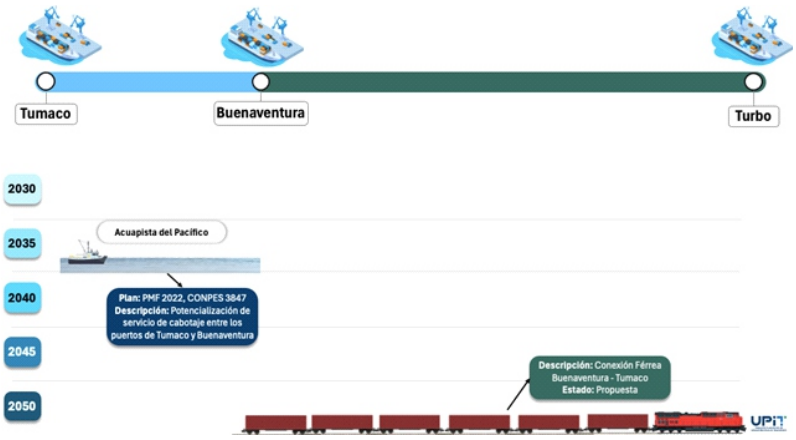
Figura 32. Horizontes de implementación. Corredor Tumaco - Turbo Alternativa Fluvial



Esta alternativa, aunque en su mayoría planteada para el modo fluvial cuenta con un pequeño tramo carretero; inicialmente toma la acuapista desde Tumaco hasta el municipio de Buenaventura, seguidamente a través del río San Juan llega hasta el municipio de Itsmina allí por medio del modo carretero recorre una distancia pequeña hasta Quibdó en el Chocó, para nuevamente integrarse al modo fluvial a través del río Atrato llegar hasta Turbo.
2030: Este año cuenta con avance en el último tramo fluvial que es el río Atrato, por medio del PMF 2022 se logra identificar el plan de mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura de este río, desde Quibdó, hasta Turbo.
2035: El PMF 2022 al igual que el CONPES 3847 tienen como objetivo la potencialización de servicio de cabotaje entre los puertos de Tumaco y Buenaventura.
2045: Finalmente para el tramo carretero el PMF 2015 plantea la conexión carretera entre los ríos San Juan y Atrato.

- Conexión Férrea

Figura 33. Horizontes de implementación. Corredor Tumaco - Turbo Alternativa Férrea



Esta alternativa, aunque en su mayoría participa el modo férreo, desde Tumaco hasta buenaventura, al igual que la primera alternativa, se recurre al modo fluvial a través de la acuapista del pacifico, para en buenaventura por medio de una plataforma intermodal integrarse al modo férreo en el que se llegaría hasta turbo.

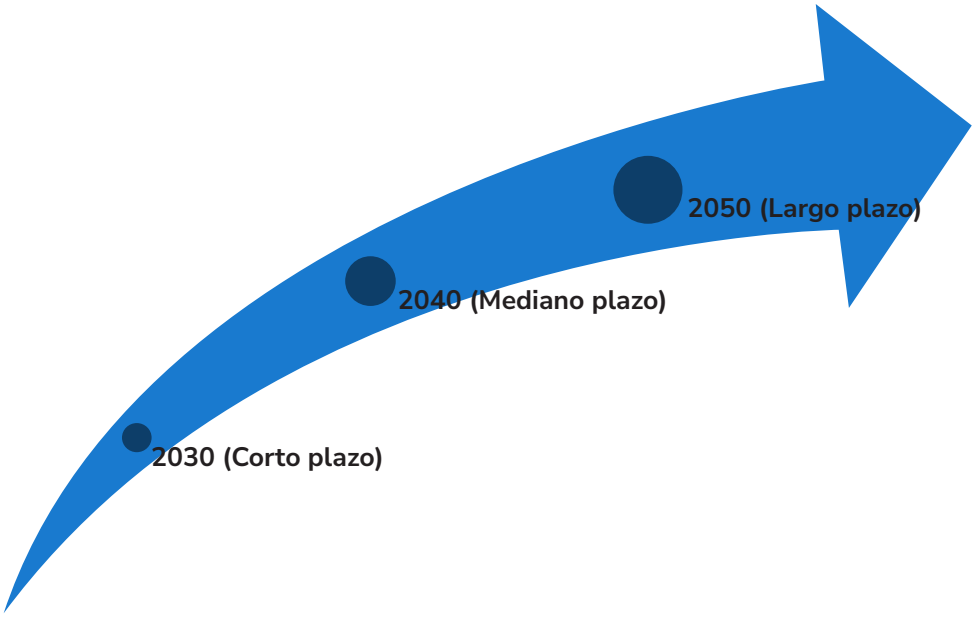
2035: la primera intervención de este corredor inicia con el PMF 2022 y COMPES 3847 por medio del plan para potencialización de servicio de cabotaje entre los puertos de Tumaco y Buenaventura.

2050: Finalmente para el año 2050 se realizaría la conexión Férrea Buenaventura – Tumaco.

3.2. Proyección de Demanda de Carga, Pasajeros y Autos

La estimación de demanda futura para cada uno de los tipos de usuario y/o segmentos se desarrollan para un horizonte de tiempo hasta el año 2050 con cortes de corto plazo al 2030, mediano plazo al 2040 y largo plazo en el 2050 y con cortes intermedios de 5 años en 2035 y 2045.

Figura 34. Cortes temporales proyección de demanda



3.2.1. Escenarios de modelación

Para la proyección de demanda se evalúan 3 escenarios de crecimiento (pesimista, tendencial y optimista) con estimaciones para los diferentes cortes temporales definidos de manera que estos sean asignados en la herramienta de modelación de transporte.

Se describen los escenarios a continuación:

Escenario tendencial: Escenario en el que el crecimiento está determinado por el comportamiento natural histórico de las variables explicativas y su relación con las variables de demanda. No se esperan transformaciones en la estructura económica ni proyectos de alto impacto dentro de los territorios que definan cambios o transformaciones importantes en las tasas de crecimiento de la demanda.

Escenario pesimista: Corresponde a un escenario en el que el crecimiento es inferior al tendencial, por efecto de unos menores crecimientos económicos en relación con lo previsto o la expectativa marcada por la tendencia. Este escenario mantiene la misma estructura de participaciones económicas entre sectores al interior de los departamentos, pero considera unas mayores diferencias entre los crecimientos de cada uno de los departamentos y ZPP respecto al crecimiento promedio nacional.

Escenario optimista: Escenario en el que el crecimiento es mayor al que se tiene en el escenario tendencial y está determinado por una mejora de competitividad de los departamentos ZPP reduciendo las brechas que tienen respecto a crecimiento económico promedio Nacional.

3.2.2. Alcance geográfico proyección de demanda

La metodología de proyección de demanda implementada permite tener una diferenciación a nivel territorial y no hacer uso de tasas agregadas a nivel país. El nivel de detalle al que se puede llegar en esta estimación de tasas de crecimiento de manera diferenciada se encuentra limitado por la disponibilidad de información de series históricas válidas y completas que se tenga para cada uno de los

territorios. El modelo es de alcance Nacional y la propuesta de construcción de los modelos tiene los siguientes niveles de actuación:

- Nivel Nacional: Desarrollo de modelos de proyección de demanda para cada segmento a nivel País.

- Nivel Región: Desarrollo de modelos de proyección de demanda para cada una de las regiones en las que se subdivide el país, tomando como referencia la división propuesta por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) como resultado de la Encuesta Nacional Logística en donde se definen 14 regiones (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..)

- Nivel Departamento: Dentro de los modelos econométricos a nivel región se incluye el departamento como parte del conjunto de variables explicativas, cuando se encuentra que esta es significativa. Esto permite tener resultados de tasas de crecimiento diferenciadas a nivel departamento para cada una de las categorías vehiculares y segmentos de carga.

Figura 35. Regiones logísticas de Colombia



Código Deapartamento	Nombre Departamento	Región
11	BOGOTA D.C.	Altiplano
15	BOYACA	Altiplano
25	CUNDINAMARCA	Altiplano
18	CAQUETA	Amazonia
86	PUTUMAYO	Amazonia
91	AMAZONAS	Amazonia
94	GUAINIA	Amazonia
95	GUAVIARE	Amazonia
97	VAUPES	Amazonia
5	ANTIOQUIA	Antioquia
8	ATLANTICO	Caribe Central
13	BOLIVAR	Caribe Central
47	MAGDALENA	Caribe Central
23	CORDOBA	Caribe Occidental
70	SUCRE	Caribe Occidental
20	CESAR	Caribe Oriental
44	LA GUAJIRA	Caribe Oriental
17	CALDAS	Eje Cafetero
63	QUINDIO	Eje Cafetero
66	RISARALDA	Eje Cafetero
50	META	Orinoquia
81	ARAUCA	Orinoquia
85	CASANARE	Orinoquia
99	VICHADA	Orinoquia
76	VALLE DEL CAUCA	Pacifico Central
27	CHOCO	Pacifico Norte
19	CAUCA	Pacifico Sur
52	NARIÑO	Pacifico Sur
88	SAN ANDRES Y PROVIDENCIA	San Andres y Providencia
54	NORTE DE SANTANDER	Santanderes
68	SANTANDER	Santanderes
41	HUILA	Tolima y Huila
73	TOLIMA	Tolima y Huila

3.2.3. Generalidades de modelo general de proyección de demanda

A partir de la revisión de variables disponibles para proyecciones de demanda se identifican limitaciones en especial en cuanto a series históricas de datos asociados de forma directa a cada uno de los segmentos de carga de interés. Bases de datos del RNDC aún tienen menos de 10 años de información y con altos niveles de subregistro y otras bases de comercio presentan información limitada. Para abordar los trabajos de proyección de demanda se hace uso de series disponibles frente a los vehículos en los cuales se transporta la carga de los diferentes segmentos y con los cuales se logra llegar de manera indirecta a estimaciones de la carga transportada. Se desarrollan modelos de regresión con uso de variables explicativas de tipo económico relacionadas con la actividad de transporte y en particular con el tipo de carga transportada, en tanto diferentes entidades del País avanzan en captura de información mediante plataformas y sistemas de información en los que se viene trabajando que a futuro permitirán migrar a modelos con variables explicativas de relación directa con cada segmento de carga.

Para las proyecciones de demanda en todos los casos se hace uso de modelos Log-Lineales, para los cuales a continuación se presenta una descripción general de estos con su forma funcional y principales características.

MODELOS LOG-LINEALES

Los modelos de amplia utilización como parte de los modelos econométricos corresponden a los modelos log-lineales, en donde de acuerdo a las relaciones entre las variables (independiente y variables explicativas), se establece la forma funcional más adecuada. Este tipo de modelos ofrece la ventaja de que los coeficientes del modelo corresponden a elasticidades que se interpretan y pueden ser utilizadas para establecer las tasas de crecimiento.

Con frecuencia es útil estimar la capacidad de respuesta y sensibilidad de una variable dependiente "y" con respecto a cambios en una o más variables independientes "x". Aunque las magnitudes de los parámetros de regresión producen esta información en términos de unidades de medida, a veces es más conveniente expresar la sensibilidad en términos del cambio porcentual en la variable dependiente resultante de un cambio del 1% en una variable independiente. Esta medida es la elasticidad y es útil porque no tiene dimensiones a diferencia de un parámetro de regresión estimado, que depende de las unidades de medida.(Washington et al., 2003)
Existen diferentes versiones de modelos log-lineales que se utiliza para analizar relaciones entre variables, dependiendo de sobre que variable se aplica la transformación logarítmica. La forma general de este tipo de modelos se presenta en la Tabla 27.

Tabla 27. Formas de modelos log-lineales econométricos

Modelo	Regresión	Variable (Y)	Variable (X)	Interpretación del regresor ($\beta 1$)
Lineal – lineal	$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + u_i$	Y	X	$\Delta Y = \beta_1 \Delta x$
Lineal – Log	$y_1 = \beta_0 + \beta_1 lOG(X_i) + u_i$	y	Log(X)	$\Delta Y = \frac{\beta_1}{100} \%\Delta x$
Log – Lineal	$\text{Log}(y_1) = \beta_0 + \beta_1 X_i + u_i$	Log (y)	X	$\%\Delta Y = (100\beta_1)\Delta X$
Log Log	$\text{Log}(y_1) = \beta_0 + \beta_1 lOG(X_i) + u_i$	Log (y)	Log(X)	$\%\Delta Y = \beta_1 \% \Delta X$

Los modelos desarrollados para cada segmento corresponden en todos los casos a modelos Log-Log. Al igual que en modelos de regresión lineal, sobre estos se verifica su poder de explicación a partir del valor del R2 y el real aporte de las variables independientes a partir de la significancia estadística de los coeficientes estimados para cada una de ellas.

3.2.4. Modelos proyección de demanda

Para cada segmento de demanda se construyen modelos de pronósticos que permiten estimar el crecimiento futuro de autos, buses y toneladas en viajes por cada segmento para el caso de transporte de carga tanto doméstica como de comercio exterior (Comex).
Para el caso de autos y buses, se implementan modelos econométricos de proyección de viajes en vehículos autos livianos y buses, relacionados con variables de población, motorización y región o departamento.
Para el caso de transporte de carga doméstica se implementan modelos econométricos de proyección de viajes de vehículos camiones (C2, C34, C5, C6M) mediante uso de modelos tipo log-log modelos de regresión con estimación por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) con uso de variables explicativas en donde se establecen las tasas de crecimiento esperadas para cada año de proyección. Los modelos son implementados a nivel territorial por región y departamento, de acuerdo con series históricas disponibles en peajes de cada departamento y variables explicativas de tipo económico por departamento. Al ser un modelo de alcance Nacional, se implementa también un modelo a nivel País, el cual sirve de referencia para estimar tasas en aquellos departamentos o regiones para las cuales no existen series históricas de tráfico o viajes con las cuales construir modelos propios de la región.
De acuerdo a los segmentos de demanda definidos, se genera una clasificación de cada uno de los registros de viajes disponibles del RNDC de las bases entre 2015 a 2023, con lo cual se establecen por segmento, departamento la distribución de viajes entre las distintas tipologías de camiones y factor o peso que tiene cada tipología vehicular para cada segmento de carga bajo análisis, lo cual actuar como ponderador a nivel de cada segmento departamento respecto a las tasas de crecimiento vehiculares y permitirán estimar las toneladas futuras para cada segmento. Los factores de distribución se mantienen constantes en el tiempo y para los diferentes escenarios (tendencial, pesimista, optimista), esto teniendo en cuenta la estabilidad histórica que presentan estos factores y para no incorporar otros efectos adicionales a los crecimientos esperados.
En el caso de los viajes asociados a carga de comercio exterior (COMEX) de exportaciones e importaciones se implementan de forma adicional modelos proyección de viajes específicos para esta demanda. En este caso, se hace uso de las series históricas de exportaciones e importaciones disponibles en la DIAN (Siex) y DANE, donde se identifica las toneladas de carga generadas desde cada departamento por tipo de producto o segmento en el periodo histórico de 2005 a 2022. De esta forma se construyen modelos de regresión con uso de variables económicas como variables explicativas en donde se establecen las tasas de crecimiento esperadas para cada año de proyección para cada segmento. Los modelos son implementados a nivel territorial por región y departamento y también se realiza un modelo a nivel País, el cual sirve de referencia para estimar tasas en aquellos departamentos o regiones para las cuales no existen series

históricas que permitan construir modelos específicos por ser regiones o departamentos de bajo nivel de comercio internacional.
En las figuras siguientes se esquematiza de forma conceptual los componentes y metodología implementada para los modelos de proyección de demanda.

Figura 36. Esquema conceptual metodología proyección de demanda segmentos de carga doméstica

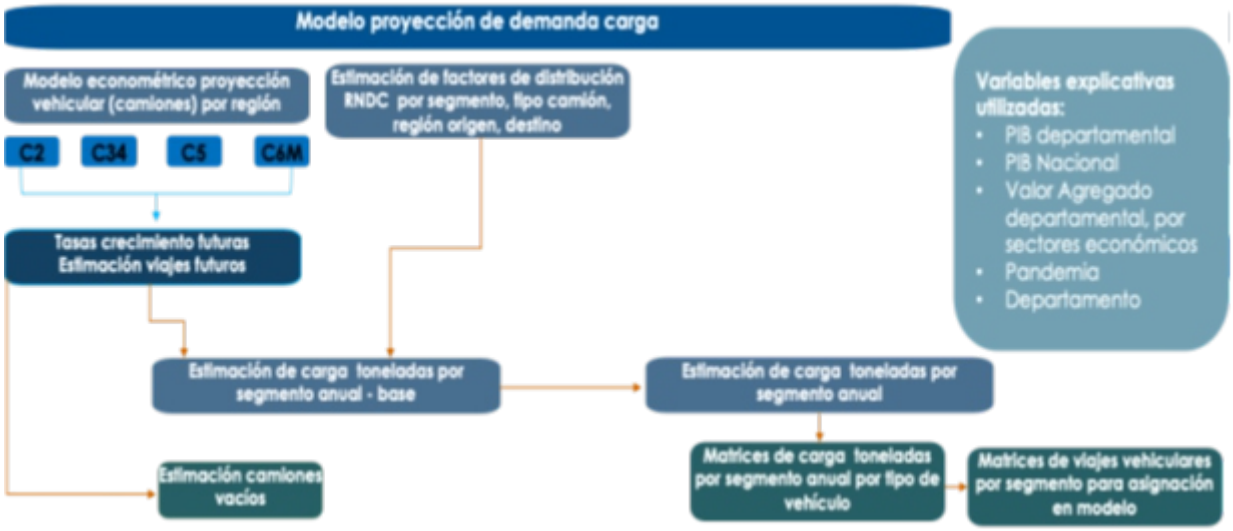


Figura 37. Esquema conceptual metodología proyección de demanda segmento carga COMEX

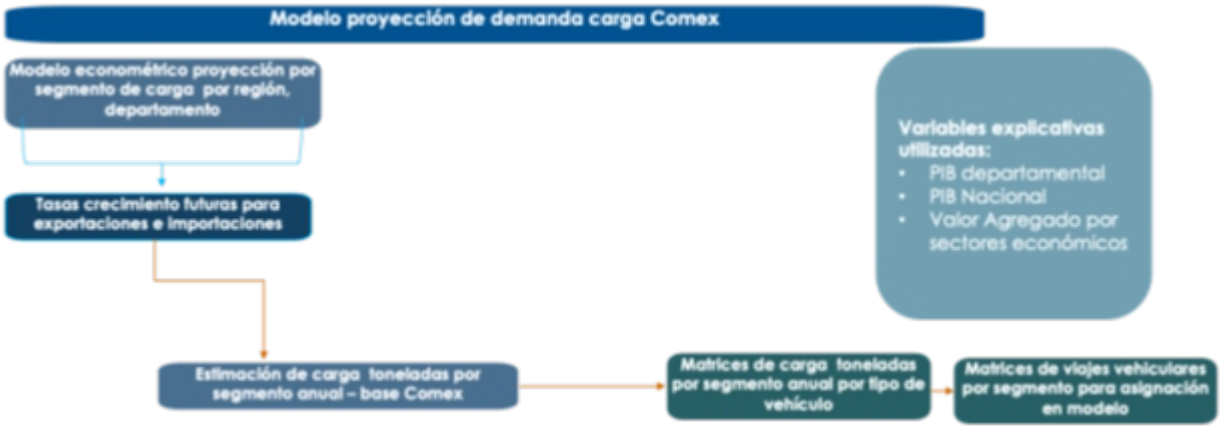
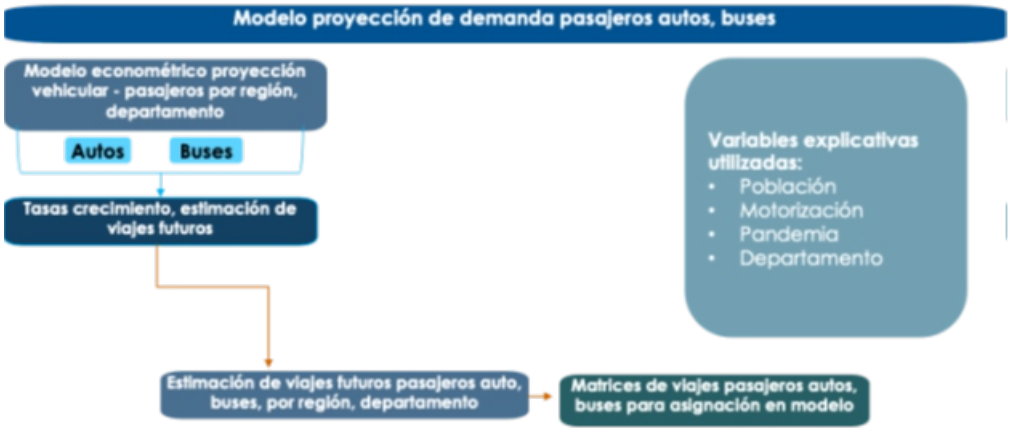


Figura 37. Esquema conceptual metodología proyección de demanda segmento carga COMEX



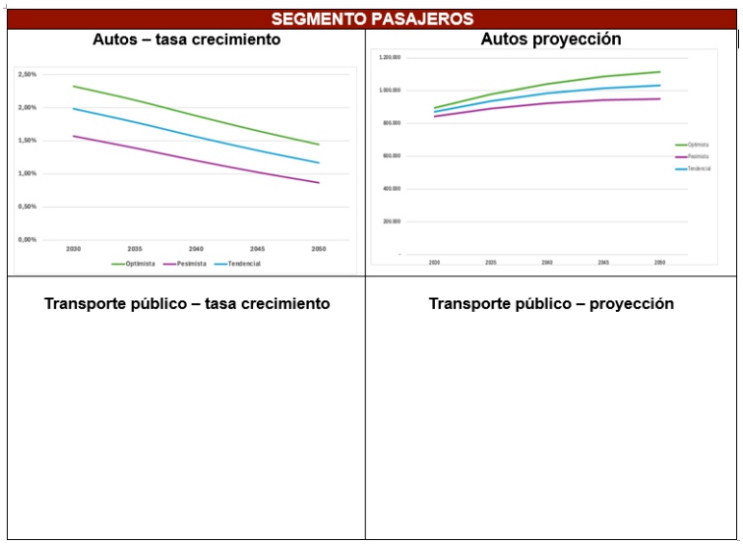
3.2.1. Tasas de crecimiento futuras

La estimación de tasas de crecimiento futuras se realiza aplicando cada modelo para cada categoría con el uso de las variables explicativas correspondientes de cada uno de los escenarios de crecimiento evaluados. Para el caso de escenarios pesimista y optimista se generan variaciones sobre las estimaciones futuras de motorización con un menor nivel de motorización por departamento en el escenario pesimista y un mayor nivel de motorización en el escenario optimista. En cuanto a variables económicas de PIB y Valor agregado se toma como base en el escenario tendencial las proyecciones oficiales previstas por el banco de la República en el corto plazo y se generan escenarios alternos de menor crecimiento (escenario pesimista) y mayor crecimiento (escenario optimista). Para estimaciones de valor agregado por sector económico en el escenario tendencial se plantea un escenario en el que se mantienen las participaciones por sector y brechas respecto a crecimiento nacional promedio de los últimos años; en el escenario pesimista se asume unos menores crecimientos por sector económico; en el escenario optimista se establece un escenario de mayor crecimiento en aquellos sectores más representativos por departamento y una reducción en brechas respecto al crecimiento promedio nacional. La tabla siguiente presenta los supuestos de crecimiento general de PIB Nacional, para el desarrollo de los modelos se construyen series a nivel departamental y por sector económico.

Tabla 28 Valores supuestos de crecimiento PIB previstos por escenario

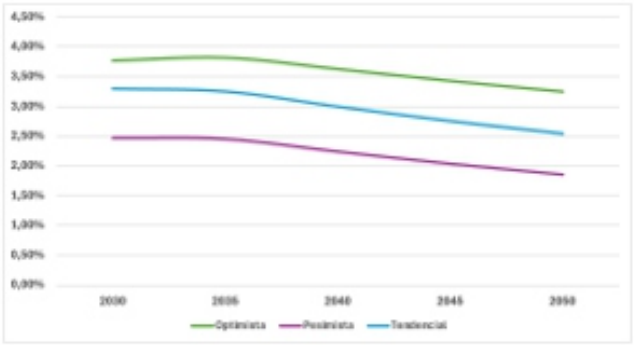
Año	Escenario Pesimista	Escenario Tendencial	Escenario Optimista
2024	1,15%	1,40%	1,40%
2025	2,00%	2,60%	2,80%
2026	2,20%	2,80%	3,00%
2027	2,30%	2,90%	3,10%
2028	2,40%	3,00%	3,20%
2029	2,60%	3,10%	3,30%
2030	2,80%	3,20%	3,40%
2035	1,75%	2,00%	2,20%

Los valores de crecimiento general de PIB Nacional funcionan como valores de control de los crecimientos futuros en términos económicos y a partir de estos se realizan estimaciones de valor agregado de cada uno de los sectores económicos y departamentos respetando las participaciones de estos respecto al país y pesos de los sectores en la economía de cada departamento y aplicando variaciones según los escenarios pesimista y optimista. Con esto se tienen los valores de las variables explicativas que aplicando los modelos estimados permiten determinar las tasas futuras a aplicar sobre el tipo de viaje o segmento de carga a proyectar.
Las tasas de crecimiento son variables por segmento y departamento, pero para efectos de síntesis en el presente informe y visualizar los órdenes de magnitud de estas tasas se presentan los resultados de tasas finales sobre el total de viajes a nivel país calculados a partir de cada una de las matrices de viajes proyectadas. En archivo anexo 03 se encuentran las matrices proyectadas donde se observa por par OD los viajes en cada uno de los escenarios de crecimiento y años de proyección.

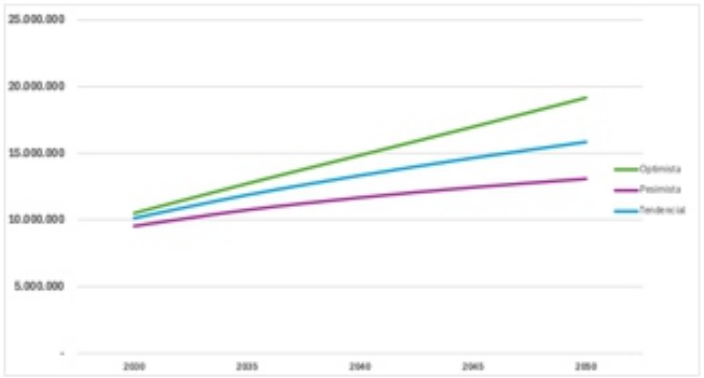


SEGMENTOS CARGA DOMÉSTICA

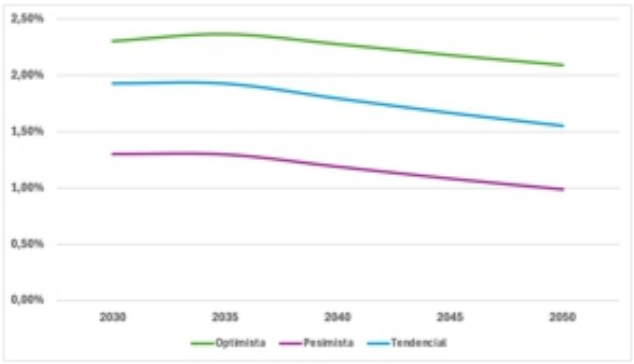
Grasas y aceites tasa crecimiento



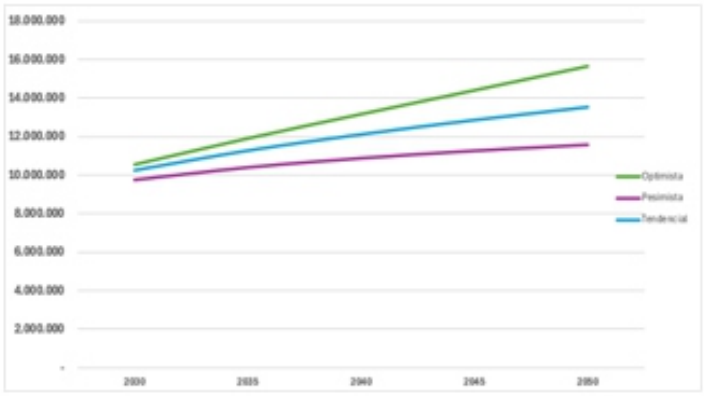
Grasas y aceites proyección



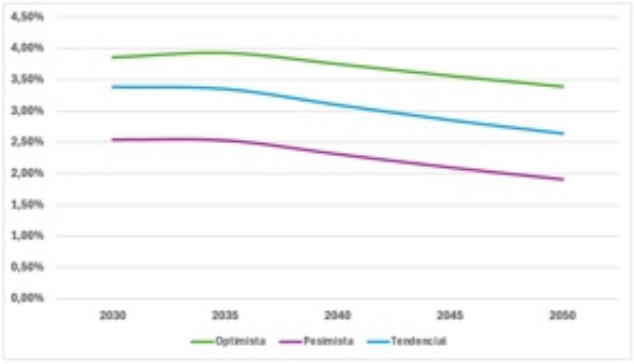
Hidrocarburos tasa crecimiento



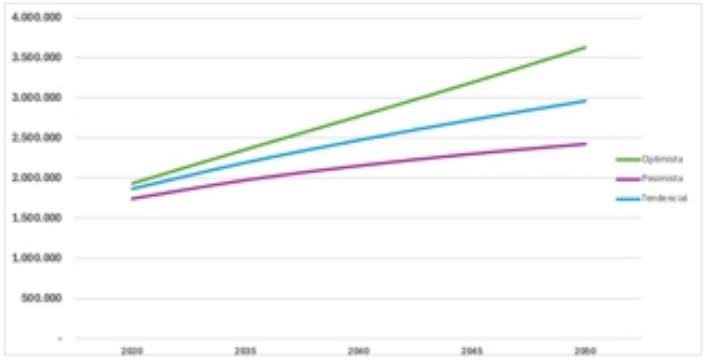
Hidrocarburos proyección



Maderas tasa crecimiento

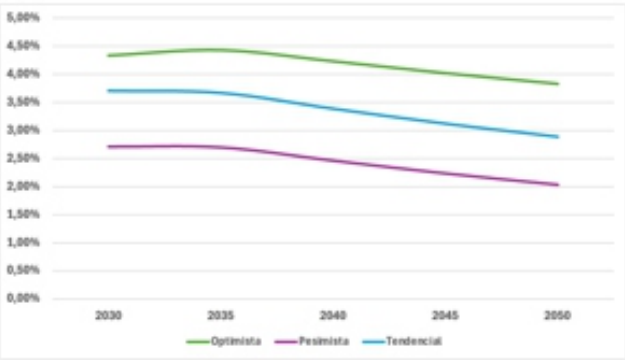


Maderas proyección

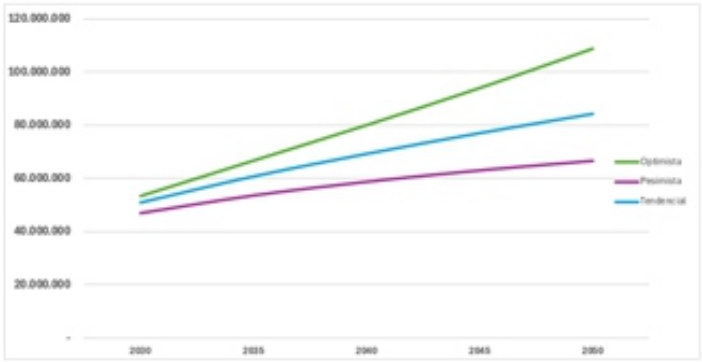


SEGMENTOS CARGA DOMÉSTICA

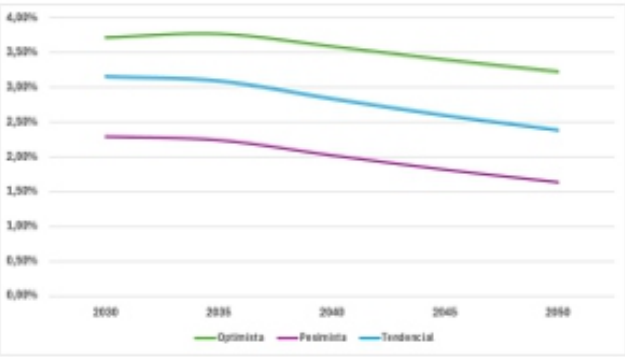
Materiales construcción tasa crecimiento



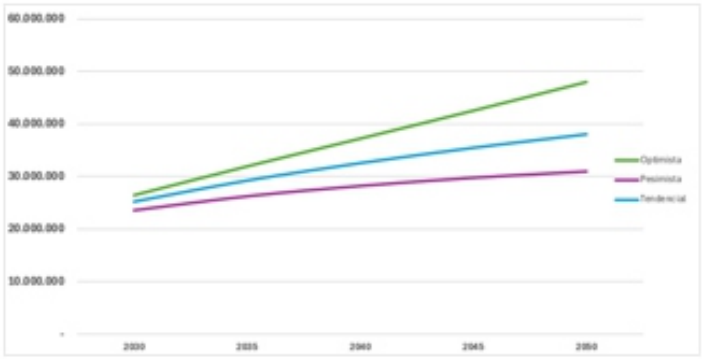
Materiales construcción proyección



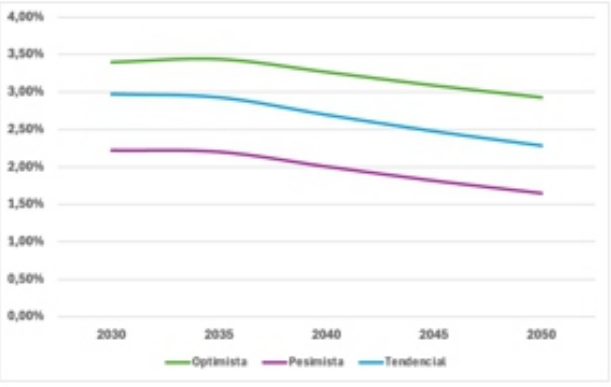
Minerales tasa crecimiento



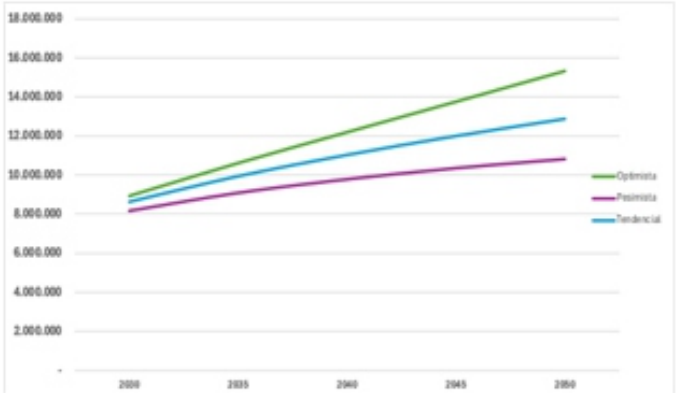
Minerales proyección



Papel y cartón tasa crecimiento

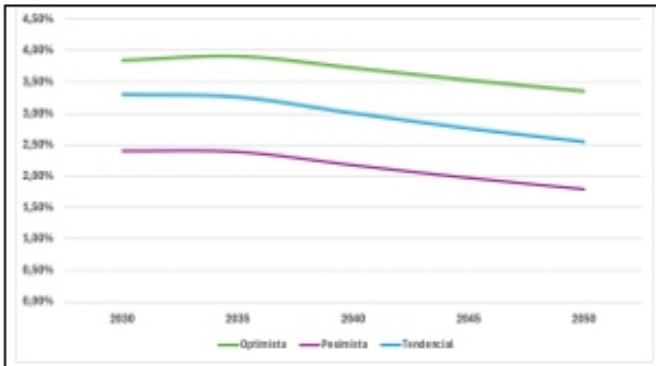


Papel y cartón proyección

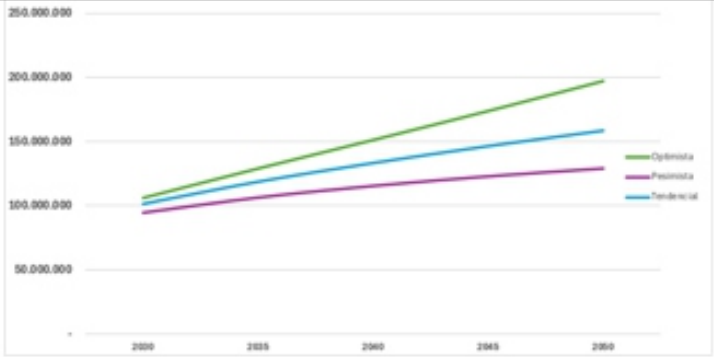


SEGMENTOS CARGA DOMÉSTICA

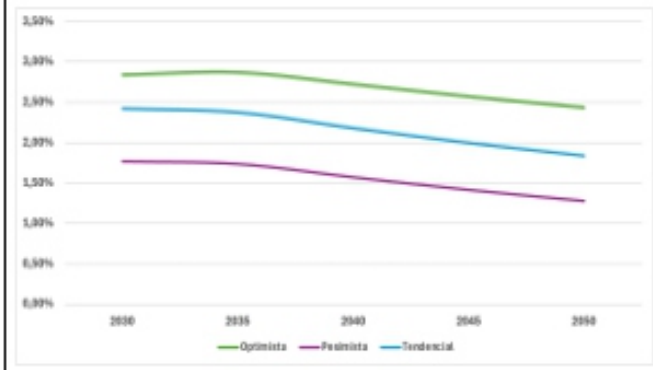
Producción industrial tasa crecimiento



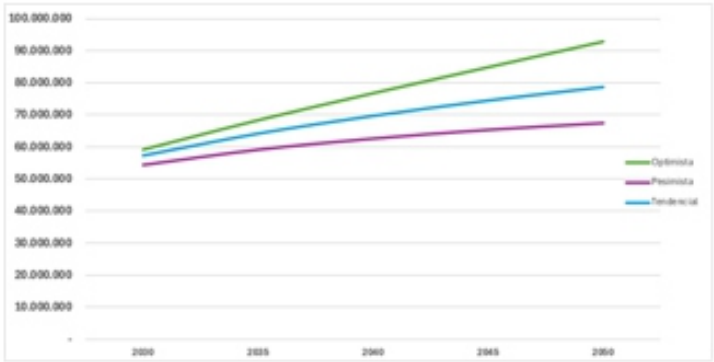
Producción industrial proyección



Otros (general) tasa crecimiento

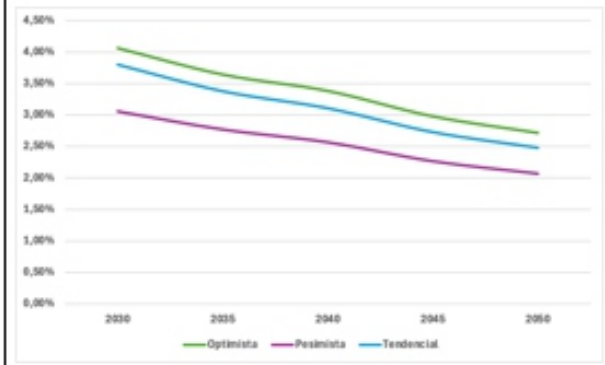


Otros (general)proyección

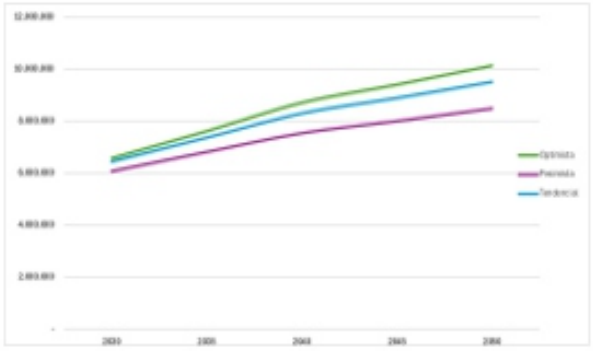


SEGMENTOS CARGA COMEX

Carga general – tasa crecimiento

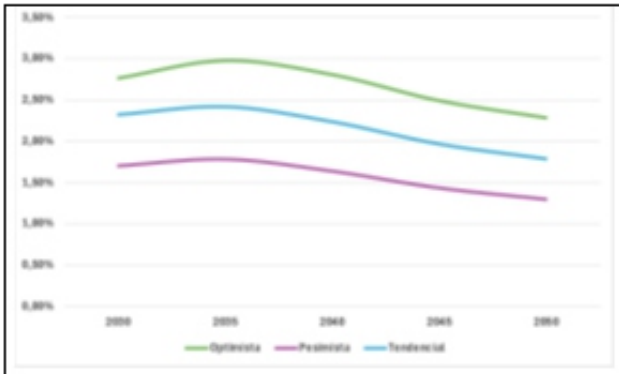


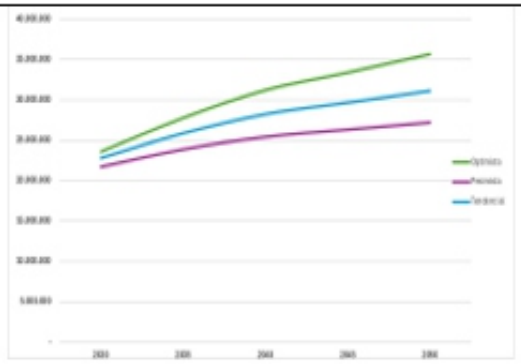
Carga general proyección



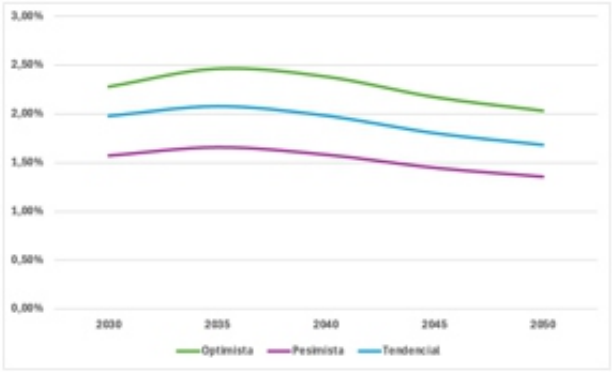
Contenedores tasa crecimiento

Contenedores proyección

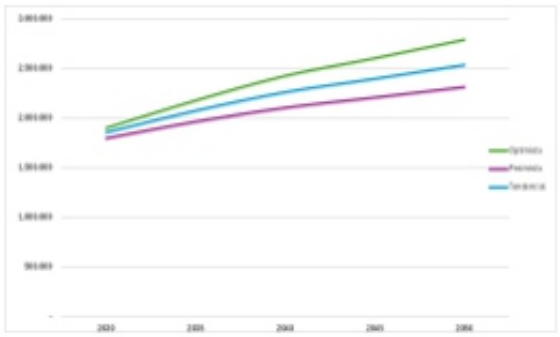




Contenedor refrigerado tasa crecimiento

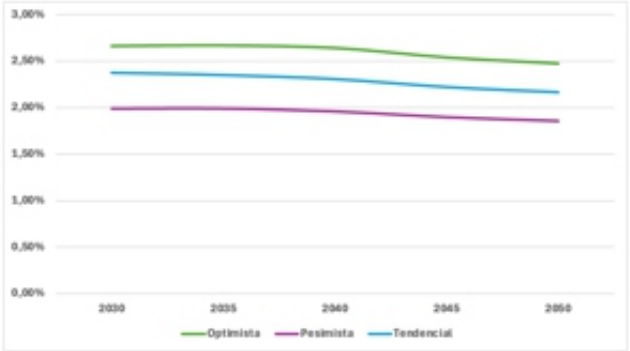


Contenedor refrigerado proyección

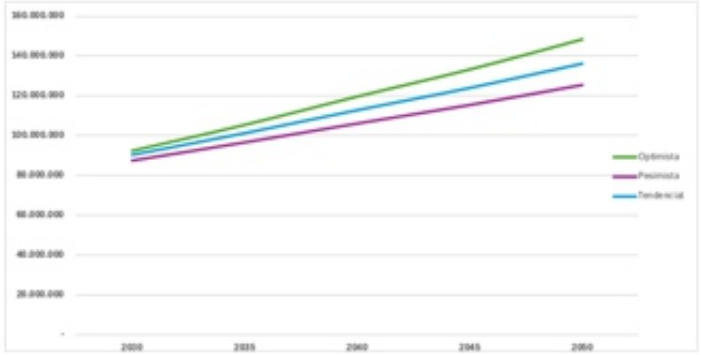


SEGMENTOS CARGA COMEX

Carbón térmico tasa crecimiento

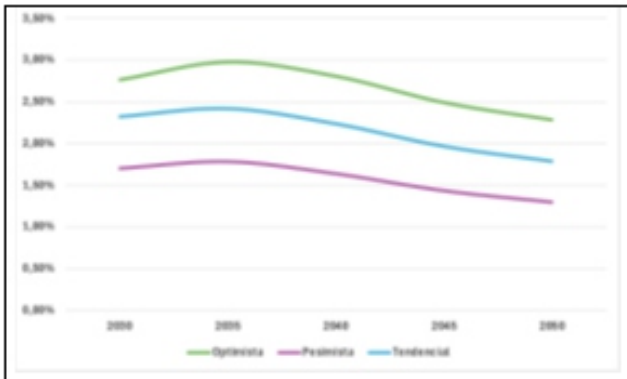


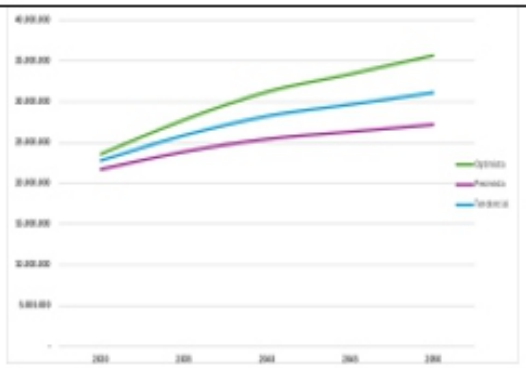
Carbón térmico proyección



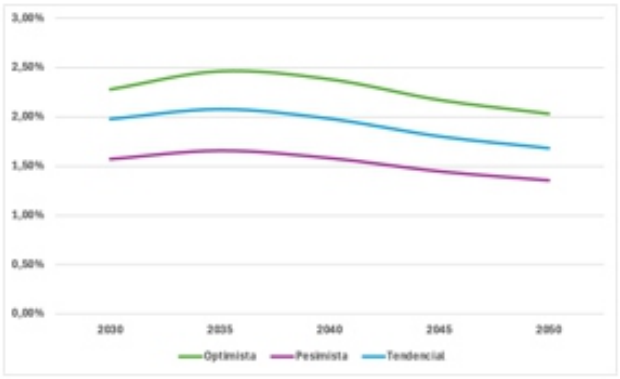
Carbón metalúrgico tasa crecimiento

Carbón metalúrgico proyección

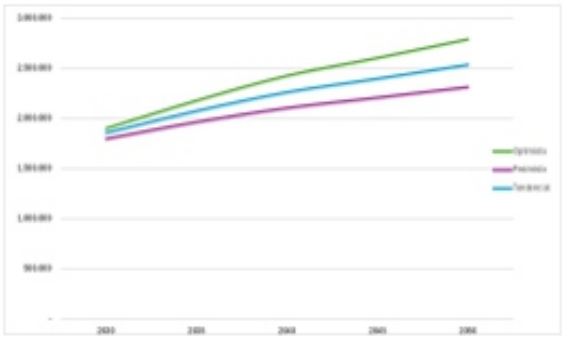




Contenedor refrigerado tasa crecimiento

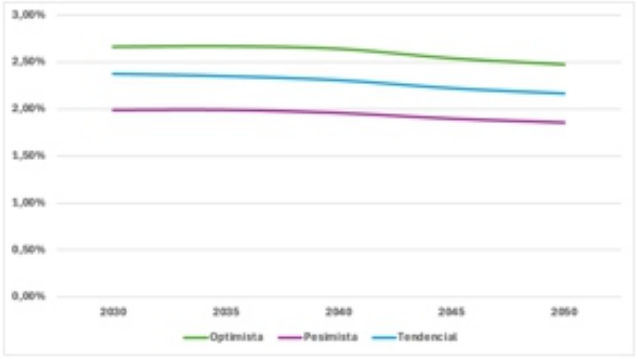


Contenedor refrigerado proyección

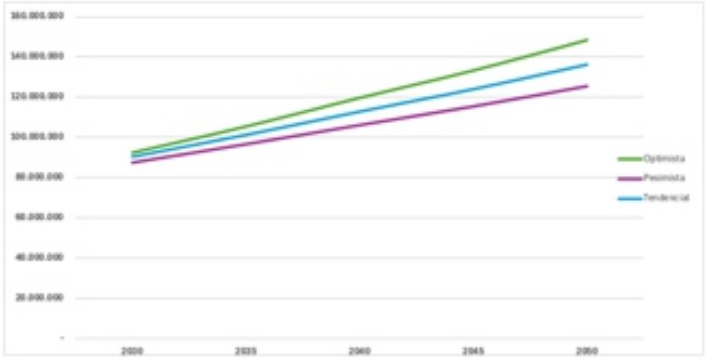


SEGMENTOS CARGA COMEX

Carbón térmico tasa crecimiento

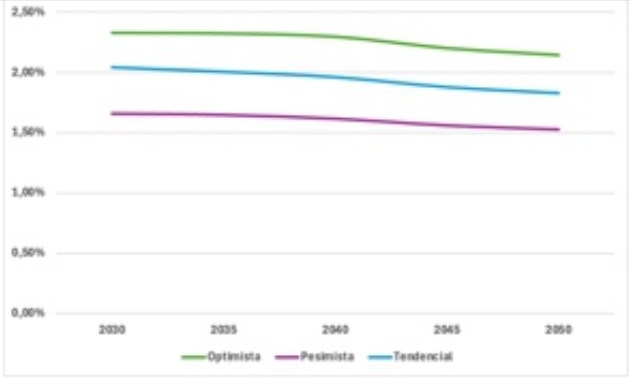


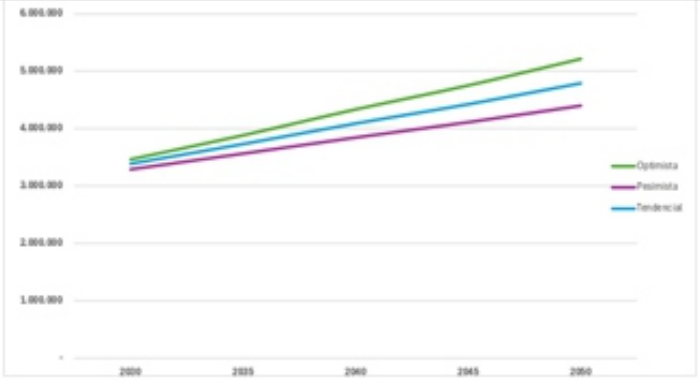
Carbón térmico proyección



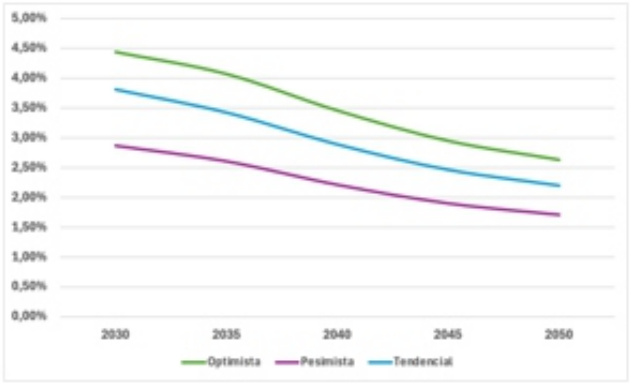
Carbón metalúrgico tasa crecimiento

Carbón metalúrgico proyección

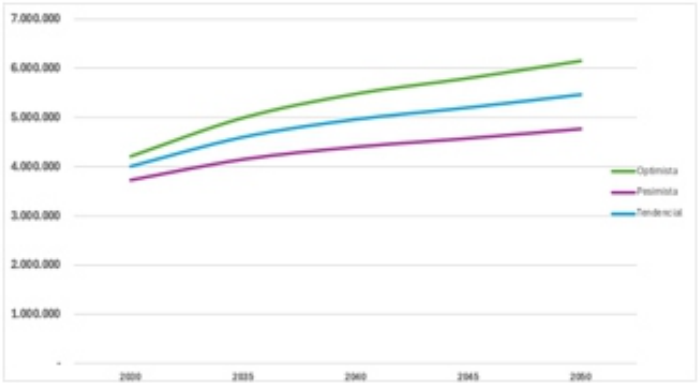




Granel liquido tasa crecimiento

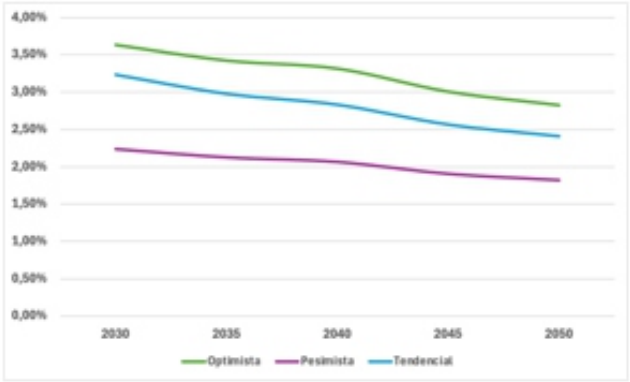


Granel liquido proyección

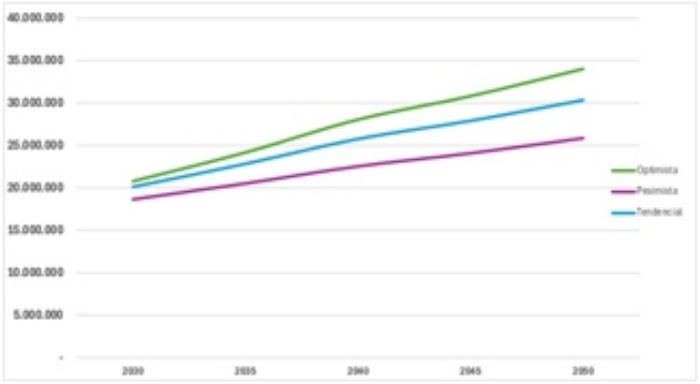


SEGMENTOS CARGA COMEX

Granel solido tasa crecimiento

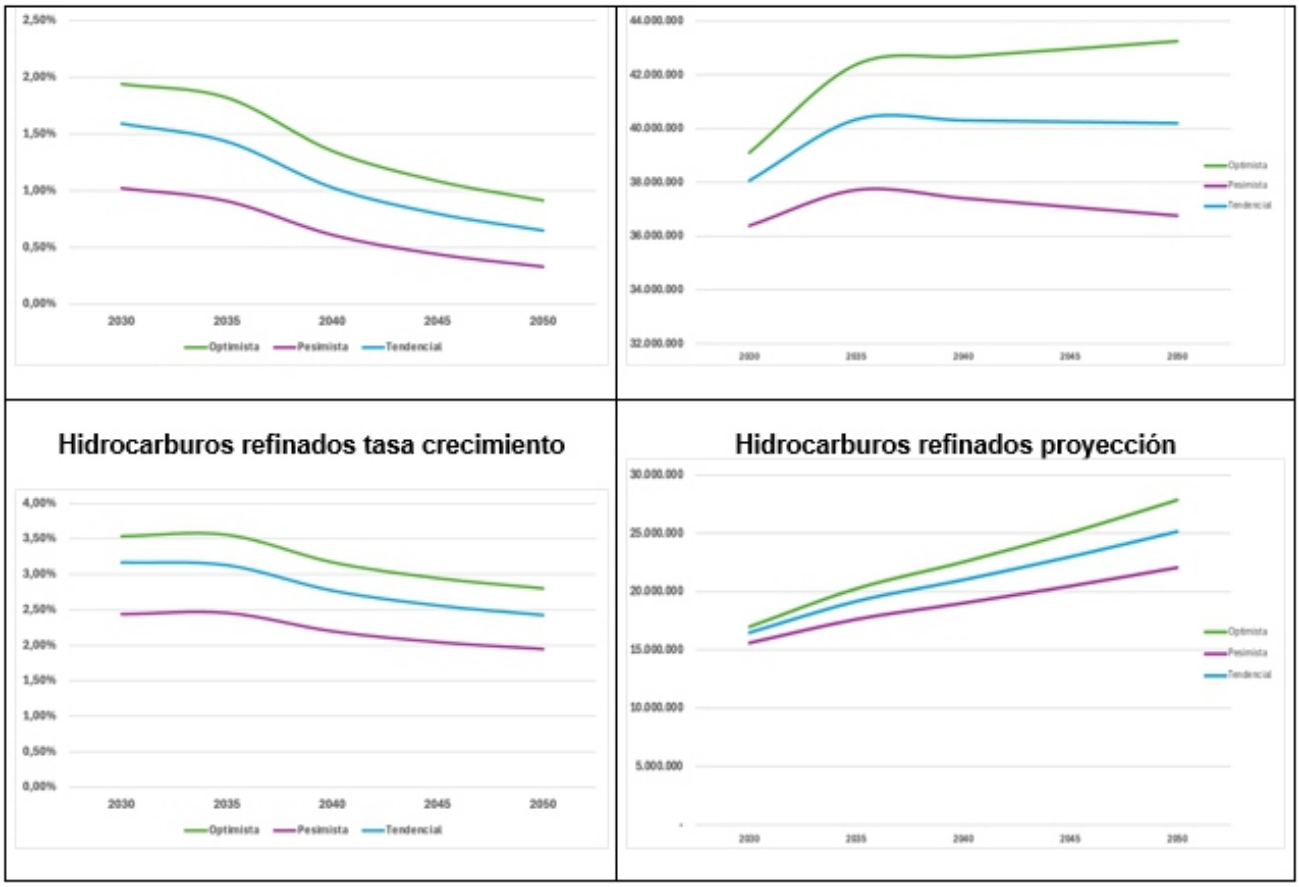


Granel solido proyección



Hidrocarburos crudos tasa crecimiento

Hidrocarburos crudos proyección



3.3. Resultados para Escenarios de Operación Futura

Se presentan los resultados de la simulación del sistema de transporte para cada uno de los horizontes temporales contemplados en la consultoría: 2030, 2035, 2040, 2045 y 2050. Los escenarios de oferta futura se formularon considerando el programa de ejecución previsto para cada proyecto, lo que define su entrada en operación y la superposición progresiva de infraestructuras año a año.

Este enfoque permite construir escenarios operativos para cada corte temporal, reflejando cómo la implementación gradual de los proyectos influye en el sistema de transporte. En la siguiente tabla se detallan los corredores evaluados y los cortes temporales considerados, ofreciendo un panorama integral de las simulaciones realizadas.

Tabla 29. Tabla resumen de proyectos y cortes temporales

Proyecto (tramo) / Corredor Puerto Inírida - Tumaco	Modo	2030	2035	2040	2045	2050
Tumaco - Pedregal	Carretero	✓	✓	✓	✓	✓
Pasto - Mocoa	Carretero	✓	✓	✓	✓	✓
Navegabilidad Río Guaviare	Fluvial	88,590	✓	✓	✓	✓
Florencia - San Vicente del Caguán	Carretero					✓
San Vicente del Caguán - San José del Guaviare	Carretero					✓
Corredor Mitú – Granada	**Modo**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**	**2050**
Granada - San José del Guaviare	Carretero	✓	✓	✓	✓	✓
San José del Guaviare - Calamar	Carretero		✓	✓	✓	✓
Navegabilidad Río Unilla/Vaupés	Fluvial			✓	✓	✓
Corredor Tumaco – Puerto Carreño	**Modo**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**	**2050**
Tumaco - Pedregal	Carretero	✓	✓	✓	✓	✓
Pasto - Popayán	Carretero	✓	✓	✓	✓	✓
Neiva - San Vicente del Caguán	Carretero	✓	✓	✓	✓	✓
Bogotá - Villavicencio	Carretero	✓	✓	✓	✓	✓
Villavicencio - Puente Arimena	Carretero	✓	✓	✓	✓	✓
Popayán - La Plata	Carretero		✓	✓	✓	✓
Neiva - Girardot	Carretero		✓	✓	✓	✓
Navegabilidad Río Meta	Fluvial		✓	✓	✓	✓
Conexión férrea Villavicencio - Puerto Gaitán	Férreo					✓
Corredor Río Caquetá - Mocoa	**Modo**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**	**2050**
Mocoa - Villagarzón	Carretero	✓	✓	✓	✓	✓
Navegabilidad Río Caquetá	Fluvial			✓	✓	✓
Navegabilidad Río Caquetá	Fluvial					✓
Corredor Río Putumayo - Mocoa	**Modo**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**	**2050**
Mocoa - Puerto Asís	Carretero	✓	✓	✓	✓	✓
Navegabilidad Río Putumayo	Fluvial		✓	✓	✓	✓
Corredor Tumaco - Turbo	**Modo**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**	**2050**
Navegabilidad Río Atrato	Fluvial	✓	✓	✓	✓	✓
Acuapista del pacífico	Fluvial		✓	✓	✓	✓
Conexión ríos San Juan - Atrato	Carretero					✓
Conexión Férrea	**Modo**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**	**2050**
Acuapista del pacífico	Fluvial		✓	✓	✓	✓
Conexión Férrea Buenaventura - Tumaco	Férreo					✓

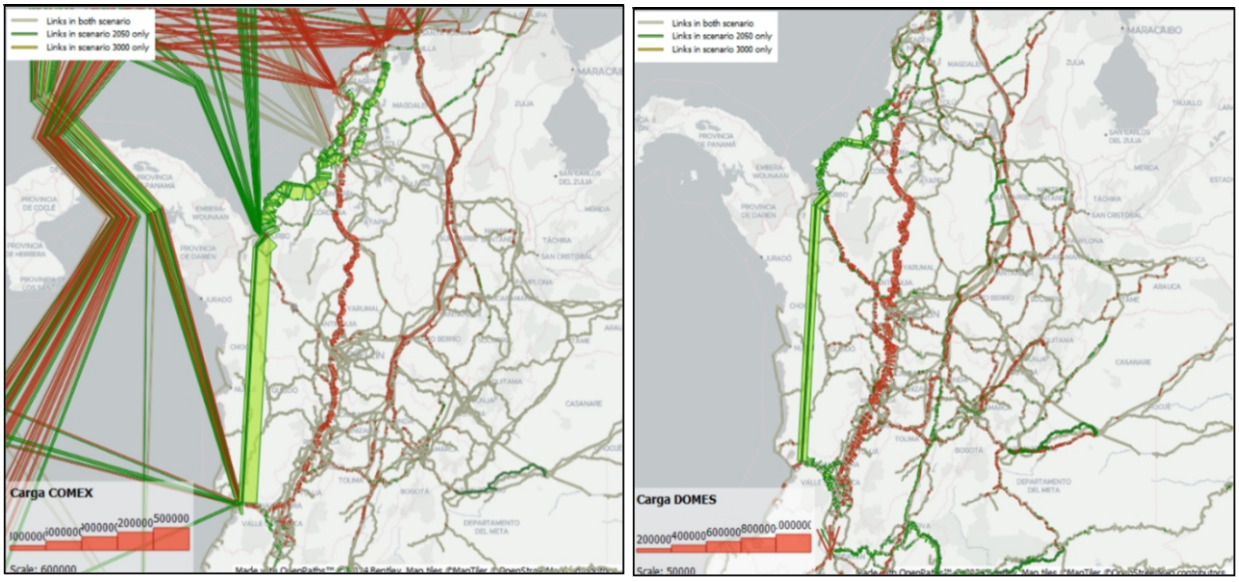
Adicionalmente se obtuvieron los resultados de carga para corredores fluviales y férreos de orden nacional. Estos corredores, aunque no forman parte del conjunto principal de proyectos evaluados específicamente en las ZPP mencionadas en los subcapítulos anteriores, representan infraestructuras de alta relevancia en el contexto logístico nacional debido a su papel en la movilización de carga doméstica. Por lo tanto, a continuación, se presentan los resultados principales, destacando cómo estas infraestructuras contribuyen a la integración y eficiencia de la red de transporte de carga a nivel nacional.

Tabla 30. Resultados de demanda en otros corredores de orden nacional (Ton/año)

Corredor	2022	2030	2035	2040	2050
Río Magdalena	2,099,736	2,763,731	3,183,281	3,525,287	4,098,034
Río Atrato	46,690	56,154	69,380	73,342	94,117
Río Arauca	4	5	5	5	6
Río Caguán	70,833	81,729	86,554	90,445	96,111
Río Guaviare	44,026	46,945	49,398	51,384	53,951
Río Caquetá	338,953	377,095	398,933	415,699	440,429
Río Amazonas	7,668	8,629	9,092	9,458	10,051
Dorada - Chiriguaná	71,453	87,491	101,099	112,788	133,549
Bogotá - Belencito	31,258	44,298	53,050	60,588	56,751
Río Putumayo 1 (El Encanto – Pto. Leguízamo)	125,465	140,054	141,010	154,883	165,124
Río Putumayo 2 (Pto, Leguízamo – Pto. Asís)	89,602	94,090	96,729	94,639	97,485

Para analizar exclusivamente los cambios inducidos por la evolución de la oferta, se comparó la red base de 2022 con la red proyectada para 2050, manteniendo constante la demanda estimada de ese año. Este análisis permitió aislar los efectos de la infraestructura en el comportamiento del sistema de transporte. Posteriormente, se evaluaron las condiciones reales de oferta y demanda proyectadas en los años horizonte, generando resultados gráficos donde las cargas "ganadas" por la infraestructura se representan en verde, mientras que las "perdidas" se muestran en rojo. Este enfoque visual facilita la identificación de los impactos más significativos en términos de redistribución de la demanda y la eficiencia logística en cada escenario futuro.

Figura 39. Ejemplo de comparación volúmenes de carga Oferta 2050 – Oferta 2022 demanda 2050. Corredor Tumaco – Turbo. Corredor férreo.



A continuación, se presenta una tabla que resume la captación de carga por ZPP en el marco del proyecto. La tabla permite identificar el aporte de cada ZPP en términos de volumen de carga (toneladas) y aquellos departamentos que tienen una contribución principal, tanto a nivel individual como en relación con el total del proyecto.

Tabla 31. Captación de carga por ZPP para cada proyecto

Corredor	Total Carga aportada ZPP (Ton/año)	Total carga proyecto (Ton/año)	Aporte ZPP (%)	Departamentos con aporte principal
Río Guaviare	65,576	68,088	96%	Guainía y Guaviare
Río Caquetá	156	203	77%	Caquetá y Huila
Río Putumayo	199,483	200,208	100%	Putumayo y Amazonas
Corredor férreo Buenaventura - Turbo	212,949	477,660	45%	Sucre, Cauca y Córdoba
Río Atrato	56,032	161,865	35%	Chocó
Corredor férreo Villavicencio – Puerto Gaitán	37,672	57,935	65%	Meta, Casanare y Huila
Río Meta	71,445	224,222	32%	Meta y Casanare

3.3.1. Resultados de escenarios de sensibilidad por demanda

Este apartado muestra los resultados de escenarios de sensibilidad, modificando oferta y demanda. Se analizan proyecciones optimistas y pesimistas de demanda, y el impacto de cambios en costos de transporte para proyectos fluviales y férreos. También se presentan resultados específicos de demanda en el ámbito doméstico para distintos horizontes temporales. Se muestra las tablas como:

Este apartado presenta los resultados obtenidos a partir del modelo en los escenarios de sensibilidad, estructurados mediante modificaciones en los componentes de oferta y demanda. Inicialmente, se exponen los resultados relacionados con la sensibilidad de la demanda, analizando proyecciones para escenarios optimista y pesimista.

Tabla 32. Resultados sensibilidades proyección de demanda (Ton/año)

Proyecto	Año	Pesimista	Tendencial	Optimista	Tendencial Vs Pesimista	Tendencial Vs Optimista
Acuapista del pacífico	2030	30,408	31,803	32,766	-4.39%	3.03%
Río Atrato	2030	93,411	98,747	101,546	-5.40%	2.84%
Río Caquetá	2030	373,880	381,832	385,607	-2.08%	0.99%
Río Guaviare	2030	85,518	88,590	90,278	-3.47%	1.91%
Río Vaupés	2030	41,077	43,181	44,389	-4.87%	2.80%
Río Putumayo	2030	136,090	139,231	140,784	-2.26%	1.12%
Río Meta	2030	123,457	129,517	133,065	-4.68%	2.74%
Ferrocarril del llano	2030	58,094	58,094	58,094	0.00%	0.00%
Acuapista del pacífico	2035	32,647	35,163	37,279	-7.15%	6.02%
Río Atrato	2035	104,959	114,919	121,979	-8.67%	6.14%
Río Caquetá	2035	391,296	404,096	411,936	-3.17%	1.94%
Río Guaviare	2035	91,613	96,857	100,550	-5.41%	3.81%
Río Vaupés	2035	45,142	48,782	51,473	-7.46%	5.51%
Río Putumayo	2035	142,673	147,955	151,289	-3.57%	2.25%
Río Meta	2035	161,937	174,989	184,548	-7.46%	5.46%
Ferrocarril del llano	2035	58,094	58,094	58,094	0.00%	0.00%
Acuapista del pacífico	2040	34,165	37,793	41,320	-9.60%	9.33%
Río Atrato	2040	114,306	129,307	142,623	-11.60%	10.30%
Río Caquetá	2040	406,089	423,481	436,467	-4.11%	3.07%
Río Guaviare	2040	98,326	105,868	112,300	-7.12%	6.08%
Río Vaupés	2040	48,222	53,379	57,996	-9.66%	8.65%
Río Putumayo	2040	147,626	154,897	160,380	-4.69%	3.54%
Río Meta	2040	179,262	158,125	215,593	13.37%	36.34%
Ferrocarril del llano	2040	58,094	58,094	58,094	0.00%	0.00%
Acuapista del pacífico	2045	35,309	40,046	45,186	-11.83%	12.84%
Río Atrato	2045	122,163	142,622	164,083	-14.34%	15.05%
Río Caquetá	2045	416,354	437,929	456,463	-4.93%	4.23%
Río Guaviare	2045	102,133	111,807	121,320	-8.65%	8.51%
Río Vaupés	2045	50,750	57,434	64,342	-11.64%	12.03%
Río Putumayo	2045	151,618	160,721	168,587	-5.66%	4.89%
Río Meta	2045	185,963	210,962	235,540	-11.85%	11.65%
Ferrocarril del llano	2045	58,094	58,094	58,094	0.00%	0.00%
Acuapista del pacífico	2050	36,104	41,516	48,878	-13.04%	17.73%
Río Atrato	2050	129,154	154,861	187,260	-16.60%	20.92%
Ferrocarril Buenaventura - Turbo	2050	408,534	532,845	551,595	-23.33%	3.52%
Río Caquetá	2050	424,684	450,182	474,837	-5.66%	5.48%
Río Guaviare	2050	105,252	116,289	130,101	-9.49%	11.88%
Río Vaupés	2050	52,843	61,013	70,650	-13.39%	15.80%
Río Putumayo	2050	154,843	165,136	176,166	-6.23%	6.68%
Río Meta	2050	193,454	224,075	258,153	-13.67%	15.21%
Ferrocarril del llano	2050	45,602	50,044	60,038	-8.88%	19.97%

3.3.2. Resultados de escenarios de sensibilidad por oferta

Este análisis evalúa las sensibilidades de oferta derivadas de las variaciones en los costos de transporte en los modos fluvial y ferroviario, basándose en las intervenciones proyectadas en infraestructura.

Para el modo fluvial, se considera que mejoras como dragado, ampliación de canales y la instalación de esclusas podrían reducir costos operativos entre un 5% y un 10%, basado en experiencias similares en Sudamérica, como el río Paraná, donde se proyectaron reducciones de hasta el 20%. Estas intervenciones han demostrado ser efectivas en el contexto latinoamericano para optimizar costos por tonelada transportada.

En el modo ferroviario, las inversiones estimadas en Colombia, cercanas a 50 billones de pesos en los próximos 15 años, se proyectan para reducir costos operativos entre un 7% y un 17%. Este rango varía según el tramo, considerando factores como la carga de compensación y las dinámicas de mercado. Por ejemplo, la ruta entre Buenaventura y Urabá podría alcanzar economías de escala más significativas comparadas con trayectos como Villavicencio-Puerto Gaitán, donde la demanda es más limitada y concentrada. Aunque se proyectan mejoras operativas sustanciales, el análisis se delimita a un rango máximo del 17% para mantener un enfoque conservador.

Este enfoque permite valorar de manera realista los beneficios potenciales de las mejoras en infraestructura, proporcionando una base sólida para proyectar los impactos de las variaciones en costos en ambos modos de transporte.

Tabla 33. Resultados sensibilidades de oferta (Ton/año)

Proyecto	Esc. Tarifa Base	Esc. 1ra Sensibilidad	Esc. 2da Sensibilidad	Base Vs 1ra Sensibilidad	Base Vs 2da Sensibilidad
Acuapista del pacífico	41,936	41,936	41,936	0.00%	0.00%
Río Atrato	155,503	155,506	155,511	0.00%	0.01%
Ferrocarril Buenaventura - Turbo	475,397	516,452	565,605	8.64%	18.98%
Río Caquetá	450,251	450,257	450,263	0.00%	0.00%
Río Guaviare	117,048	117,048	117,048	0.00%	0.00%
Río Vaupés	61,070	61,070	61,070	0.00%	0.00%
Río Putumayo	165,693	165,693	165,693	0.00%	0.00%
Río Meta	224,304	272,218	354,263	21.36%	57.94%
Ferrocarril del llano	51,145	52,571	52,585	2.79%	2.81%

3.3.3. Análisis captación de demanda proyectos

En función de la captación existen dos variables, la generación de carga y la capacidad del modo o tramo de atender la demanda, en este caso se proyecta que, del total de los 57.281.353 millones de toneladas de demanda potencial, se capten un total de 12.506.540, lo cual es un 21,8%. Con mejoras en capacidades, mejores servicios en tiempo, competitividad en el costo, medios de manipulación y servicios logísticos complementarios es posible se pueda lograr una mayor captación, existen oportunidades tanto de incrementar la participación en la captación de la carga como en aumentar el potencial de generación de carga en las regiones.

- Buenaventura – Turbo

Tabla 34. Captación de demanda Buenaventura - Turbo COMEX

COMEX

Proyecto	cgco	cnrco	crco	ctco	gsco	TOTAL
Buenaventura - Turbo Potencial	2.424.577	9.796.922	424.191	18.334.833	8.525.018	39.505.541
Buenaventura - Turbo Captado	1.069.715	2.396.845	139.324	5	7.706.186	11.312.074
Captación (%)	44,1%	24,5%	32,8%	0,0%	90,4%	28,6%

Analizando la situación de Buenaventura Turbo encontramos que el mayor potencial de captación está en los productos de COMEX, los cuales puede llegar a mover el 28,6% de la demanda, de paso puede ayudar a disminuir tiempos y costos de logística internacional.
Del total de la carga potencial de Buenaventura Turbo solo el 13,5% es local y el restante 77,5% es de COMEX, ya entrando en lo que se proyecta captar esa diferencia pasa a que lo local representará un 4% mientras que COMEX será el 96%, evidenciando la vocación de este corredor.

Tabla 35. Captación de demanda Buenaventura - Turbo

Proyecto	Aado	Apado	Apdo	Avdo	Bcsado	Codo	Mado	Mcdo	Mido	Odo	Pcdo	Pido	TOTAL
Buenaventura - Turbo Potencial	1.371.672	185.329	478.440	263.457	102.571	156.533	35.627	153.654	628.349	517.081	312.132	1.959.431	6.164.276
Buenaventura - Turbo Captado	74.034	103.060	70.249	7.847	23.198	4.486	6.855	18.818	52.244	13.415	5.254	102.686	482.146
Captación (%)	5,4%	55,6%	14,7%	3,0%	22,6%	2,9%	19,2%	12,2%	8,3%	2,6%	1,7%	5,2%	7,8%

En la movilización de carga para uso local encontramos que los segmentos que se proyecta más aporten a la captación son Alimentos para Animales, Bebidas y Maderas, no porque sean los que más peso tendrán en la carga, sino por el porcentaje que asumirán del potencial de la carga. Si vemos cuáles serán los segmentos que más pesaran en la captación son Alimento para Animales, Productos Industriales, Alimentos Agro y Alimentos Procesados, los cuales representaran un 72,6% de la carga captada.

- Corredor férreo Villavicencio – Puerto Gaitán

Tabla 36. Captación de demanda corredor férreo Villavicencio - puerto Gaitán

Proyecto	Aado	Apado	Apdo	Avdo	Bcsado	Codo	Mado	Mcdo	Mido	Odo	Pcdo	Pido	TOTAL
Llano Potencial	223.514	966	78.759	392.802	47.173	406.298	21.690	105.713	227.480	321.058	521	841.147	2.667.123
Llano Captado	5.060	20	1.830	6.857	1.562	3.212	437	8.888	5.545	5.440	10	19.074	57.936
Captación (%)	2,3%	2,0%	2,3%	1,7%	3,3%	0,8%	2,0%	8,4%	2,4%	1,7%	2,0%	2,3%	2,2%

En este corredor se estima que con la capacidad inicial se pueda atender un 2.2% de la carga potencial, lo cual son 57.936 toneladas, donde la captación estará muy pareja entre los diferentes segmentos y no hay uno que sea predominante, en cuanto a su participación en la carga que se proyecta se cargue si se resaltan los segmentos de Productos Industriales, Materiales de Construcción, Animales Vivos y Minería, sumando el 69,7% de las toneladas a captar.

- Río Atrato

Tabla 38. Captación de demanda Río Guaviare.

Proyecto	Aado	Apado	Apdo	Avdo	Bcsado	Codo	Gaavdo	Hdo	Mado	Mcdo	Mido	Odo	Pcdo	Pido	TOTAL
Río Atrato Potencial	437.590	960	189.767	29.970	175.900	134.506	14.968	440.631	306.185	135.236	97.091	307.555	48.196	261.852	2.580.406
Río Atrato Captado	5.574	74	14.539	19.571	6.213	21.478	56	1.193	85.725	3.975	8	2.680	17	762	161.866
Captación (%)	1,3%	7,7%	7,7%	65,3%	3,5%	16,0%	0,4%	0,3%	28,0%	2,9%	0,0%	0,9%	0,0%	0,3%	6,3%

En el corredor del Rio Guaviare se tiene la condición de no existir una gran variedad de oferta ni opciones de modos de transporte, por lo cual de las 185.472 toneladas que se estima sea el potencial de carga se proyecta sea captado el 36,7%. Algo particular en este corredor es que se proyecta se tome el 100% de la carga de los segmentos de Animales Vivos, Bebidas, Combustibles, Hidrocarburos, y el 98,6% de materiales de construcción. El volumen de carga será muy parejo y harán la mayor representación en la carga con un 74% los materiales de construcción, Alimentos Procesados, Combustibles y Animales Vivos.

- Río Meta

Tabla 39. Captación de demanda Río Meta.

Proyecto	Aado	Apado	Apdo	Avdo	Bcsado	Codo	Gaavdo	Hdo	Mado	Mcdo	Mido	Odo	Pcdo	Pido	TOTAL
Río Meta Potencial	387.107	466	36.062	340.180	83.444	351.975	162.580	3.329.193	2.828	125.078	181.727	202.213	1.480	773.994	5.978.327
Río Meta Captado	59	0	2.418	1	1.047	0	83	64.112	0	1.882	85	1.300	0	153.236	224.222
Captación (%)	0,0%	0,0%	6,7%	0,0%	1,3%	0,0%	0,1%	1,9%	0,0%	1,5%	0,0%	0,6%	0,0%	19,8%	3,8%

Se proyecta que por el Rio meta se movilice el 3,8% del potencial de la carga que se estima sea de 224.222 toneladas, el principal segmento al cual se le tomara un 19,3% de la carga potencial será los productos Industriales, que a su vez representara un 68,3% de la carga, que en conjunto con el 28,6% que aportara los Hidrocarburos pesaran un 96,9% de las toneladas captadas.

- Río Putumayo

Tabla 40. Captación de demanda Río Putumayo.

Proyecto	Aado	Apdo	Avdo	Bcsado	Codo	Gaavdo	Hdo	Mado	Mcdo	Mido	Odo	Pcdo	Pido	TOTAL
Río Putumayo Potencial	3.678	7.861	34.698	8.059	35.486	26	706	899	10.424	784	10.439	114	87.035	200.208
Río Putumayo Captado	3.678	7.861	34.698	8.059	35.486	26	706	899	10.424	784	10.439	114	87.035	200.208
Captación (%)	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

La región que comprende el Rio Putumayo se caracteriza por adolecer de vías, donde la mejor alternativa de conectividad es el rio y se proyecta que se capte el 100% del potencial de carga, donde la Producción Industrial representara el 43,5%, seguido de Animales Vivos, Combustibles, los cuales pesaran un 78,5% de la carga.

A continuación se presenta la Tabla 41 con el consolidado de carga potencial y captada para cada uno de los proyectos analizados previamente.

Tabla 41. Captación de demanda Consolidado.

Proyecto	Demanda Potencial Total	Demanda Captada Total	Captación (%)
Buenaventura - Turbo Doméstica	6.164.276	482.146	7,8%
Buenaventura - Turbo COMEX	39.505.541	11.312.074	28,6%
Llano	2.667.123	57.936	2,2%
Río Atrato	2.580.406	161.866	6,3%
Río Guaviare	185.472	68.088	36,7%
Río Meta	5.978.327	224.222	3,8%
Río Putumayo	200.208	200.208	100,0%

4.RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

4.1. Recomendaciones Operativas y Técnicas para los Corredores Intermodales

Los nodos intermodales en las ZPP se clasifican en puntos de primer y segundo orden, basados en su ubicación y la magnitud de los flujos de carga que manejan. Los nodos de primer orden se encuentran en capitales departamentales o municipios estratégicos, concentrando los principales corredores de transporte, mientras que los nodos de segundo orden sirven como puntos de refuerzo en zonas con menor densidad poblacional. Esta jerarquía permite priorizar inversiones en infraestructura y mejoras, facilitando la conexión entre modos terrestres, fluviales y ferroviarios. El análisis de los corredores como Tumaco-Inírida, Mitú-Granada y otros demuestra cómo se articulan estos puntos para mejorar la conectividad regional y nacional, promoviendo una logística más eficiente y el acceso a mercados.

El desarrollo de la intermodalidad y la logística en Colombia depende de la colaboración entre actores públicos y privados. La coordinación entre operadores logísticos, tanto experimentados en transporte multimodal como aquellos que podrían beneficiarse de la integración, es clave para reducir costos y mejorar la competitividad. Se destaca la necesidad de establecer sinergias entre operadores ferroviarios, fluviales y portuarios, como se ha visto en casos exitosos en el río Magdalena. Además, la implementación de Infraestructuras Logísticas Especializadas (ILE), que incluyen puertos secos y zonas logísticas multimodales, es una oportunidad identificada para fortalecer la cadena de abastecimiento. Sin embargo, su desarrollo aún enfrenta desafíos normativos y técnicos que deben resolverse mediante políticas públicas y marcos regulatorios claros que promuevan la integración y operación eficiente de estos nodos intermodales.

Basados en el análisis realizado a cada uno de los corredores de estudio, se propone la alternativa de desarrollarse por tramos, tal como se llevó a cabo el estudio de estos, especialmente en aquellos más extensos, esto permitiría una mayor factibilidad en su ejecución y, además, la implementación de este estudio tramo a tramo puede ajustarse al estado de maduración de estos proyectos actualmente.

Por otro lado, es importante tener especial precaución con aquellos tramos que tienen lugar en áreas protegidas como se especificó en el desarrollo del estudio, por la sensibilidad ambiental de los corredores; casos como el corredor Tumaco – Inírida, donde 6 de sus tramos tienen incidencia en 7 reservas forestales y un parque Nacional Natural, asimismo, el corredor Tumaco – Puerto Carreño, donde 6 de sus tramos coinciden con 3 reservas forestales, 2 reservas naturales, un parque Nacional Natural y uno regional, y dos distritos de conservación de suelos. Y finalmente el caso del corredor Tumaco – Turbo donde 4 de sus tramos pasan por áreas protegidas, 3 parques Nacionales Naturales, 1 regional y 3 distritos regionales de manejo integrado.

En estos casos aunque si es posible el llevar a cabo estos proyectos en este tipo de zonas se debe tener en cuenta que se tienen exigencias ambientales muy robustas, basados en la normatividad ambiental existe, los procesos de licenciamiento ambiental que implican la evaluación del potencial de los proyectos que generarían impactos ambientales significativos la aprobación o no aprobación por parte del Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible, por otro lado, los lineamientos de infraestructura verde vial, que aplican desde la planeación de los proyectos, hasta su estructuración, y buscan por medio de sus lineamientos que estos proyectos incorporen elementos de diferentes indoles que permitan corregir los impactos ambientales negativos que normalmente se pueden llegar a generar en estas zonas, esto implica desde la planeación, diseños que no afecten o que minimicen los impactos, corredores de conectividad ecológica, cuerpos de agua, pasos de fauna, entre otros; en su etapa de construcción aplicar otros como franjas con cobertura vegetal a cada lado de la vía, recuperación y enriquecimiento de coberturas naturales, favoreciendo la recuperación de los hábitats de faunas silvestres, programas de monitoreos, entre otros. Es importante el estar alineados con estas normativas para poder llevar a cabo estos proyectos de forma óptima y en el tiempo que corresponda