

## TARJETA INFORMATIVA

**PROPÓSITO:** F.P - El Modelo de movilidad y seguridad vial Federal se actualiza y contribuye a la construcción de un modelo de ordenamiento territorial, conectado, seguro, incluyente y sostenible.

**Indicador 1103011 -** Porcentaje de variables incluidas en el modelo de movilidad que contribuyen a un modelo de ordenamiento territorial, conectado, seguro, incluyente y sostenible.

Se informa que se ha realizado el Estudio especializado del Proyecto “Electromovilidad para el Transporte Público del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo”, cuyo objetivo fue realizar un estudio integral para planificar y diseñar la transición hacia un transporte público eléctrico como parte de un Sistema Integrado de Transporte en la Zona Metropolitana de Cancún. En dicho estudio se llevaron a cabo revisiones de la información documental existente, capacitaciones al personal de la Dirección de Estudios y Proyectos del IMOVEQROO, así como acompañamiento en gestiones administrativas y presentación del proyecto en otras instituciones publicas y privadas.

En las siguientes imágenes se presentan ejemplos de algunos de los trabajos mencionados anteriormente:



Capacitaciones de la empresa consultora al equipo del IMOVEQROO.



Visita el predio para la terminal y patio de encierro “Kilómetro cero”.



Reuniones de trabajo con CFE.



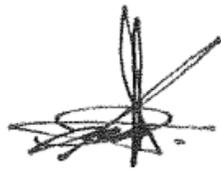
Reuniones de trabajo con el gobierno municipal.



Recorrido a los corredores Kabah, Zona Hotelera y Colosio.



Visitas de campo.



REVISÓ Y AUTORIZÓ

**Urb. Aldo Alaniz Jiménez González**

Director de Estudios y  
Proyectos de Movilidad



# e-mobilitas

Descarbonizar | Digitalizar | Democratizar



Agosto 2024

IMOVEQROO/LPN/016/2024

# Electromovilidad para el transporte público del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo

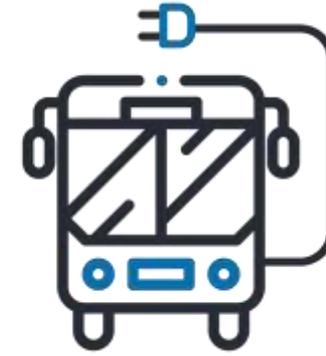
## Presentación de Proyecto



Septiembre 2024



- A. Objetivos del proyecto
- B. Actividades propuestas en esta consultoría
- C. Cronograma de actividades
- D. Fase 1 - Identificación y Selección de Corredores
- E. Fase 2 - Planeación y diseño de corredores eléctricos
- F. Próximos pasos
- G. Solicitud de Datos



# A. Objetivos del Proyecto

Realizar un estudio integral que permita planificar y diseñar la **transición hacia el uso de vehículos eléctricos en los corredores de transporte público considerados en el proyecto del Sistema Integrado de Transporte** de la Zona Metropolitana de Cancún, Quintana Roo.

Esta transición busca fomentar una **movilidad urbana más limpia y sostenible**, alineada con los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y mejora de la calidad del aire en la zona.

Dentro de este proyecto se estará desarrollando la **planeación y diseño de corredores eléctrico** que correrán desde el Aeropuerto y/o Tren Maya, hasta la de Zona Turística de Cancún. Dentro del trabajo propuesto se realizará el diseño operacional, eléctrico, civil, modelo de negocio y modelo financiero para la puesta en marcha del corredor.



# Entorno del proyecto

*En contraste con otras grandes ciudades de México, Cancún está emprendiendo la electrificación del transporte público en medio de una reingeniería en el ámbito de la movilidad y en paralelo a macrodinámicas territoriales.*

## Reformas sectoriales

- Rediseño institucional del sector movilidad.
- Reestructuración legal y operacional del servicio de transporte público.
- Modernización y profesionalización de empresas operadoras.
- Definición de corredores y tipos de servicios.

## Macrodinámicas

- Vocación turística de la zona.
- Entorno natural y climático.
- Acelerado crecimiento demográfico.
- Estructura urbana y de usos de suelo de la ciudad.
- Integración con el Tren Maya.
- Conectividad regional.
- Abasto energético de la región.

## Electrificación del transporte público en Cancún

El entorno del proyecto marcará la toma de decisiones clave en materia autobuses, infraestructura y modelo de negocio.

### Autobuses

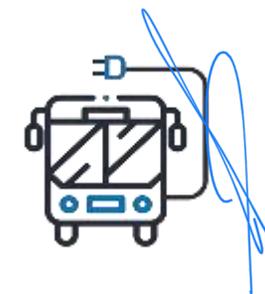
- Especificación
- Tipologías
- Proveedores
- Soporte local
- Servicio post-venta

### Infraestructura de recarga

- Ubicación
- Tecnologías
- Capacidad de crecimiento
- Ingeniería eléctrica

### Modelo de negocio

- Gestión de riesgos
- Andamiaje contractual
- Bancabilidad del proyecto
- Arquitectura financiera



## FASE 1

### Identificación de corredores y capacidades

## FASE 2

### Planeación y diseño conceptual de los corredores

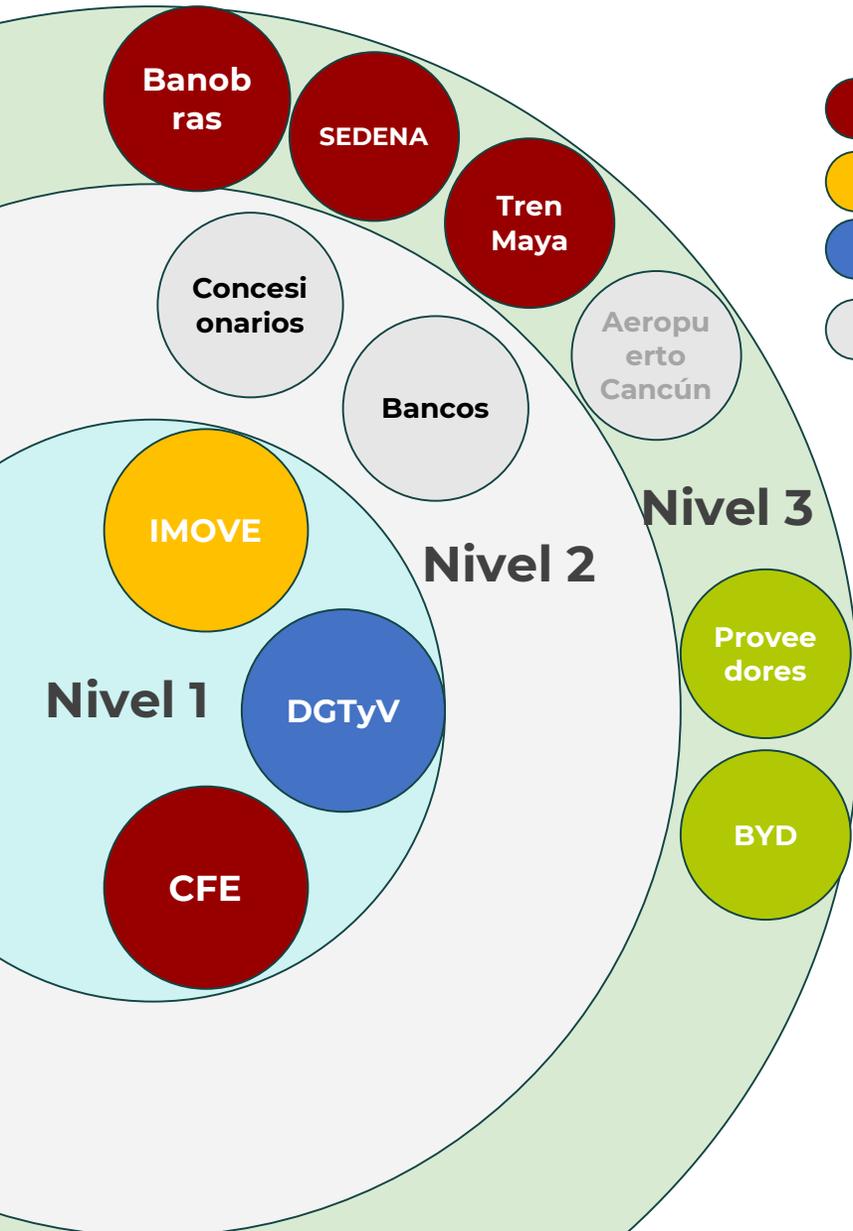


# C. Cronograma de trabajo

El proyecto se desarrollará en 6 meses con 9 componentes principales:

ID	Actividad / Producto	Tiempo (meses)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
<b>Actividad 1: Mapeo de capacidades y potencial de electrificación</b>									
0	Planeación y Coordinación	1	█						
1	Mapeo Inicial – Línea Base	1	█	█					
2	Evaluación de Capacidades	1		█					
3	Identificación y selección de corredores	1		█	█				
<b>Actividad 2: Planeación y Diseño de un Corredor Eléctrico</b>									
1	Diseño operacional	3			█	█			
2	Patio Eléctrico de carga	3			█	█			
3	Obra civil conceptual	2			█	█			
4	Modelos de financiamiento/negocio	2				█	█		
8	Modelo financiero	2					█	█	
9	Ruta crítica para la implementación	1							█

DOCUMENTO CONFIDENCIAL



- Gobierno Federal
- Gobierno Estatal
- Gobierno Municipal
- Privado

## Sesiones

- Dirección General de Transporte y Vialidad (DGTyV)
- Comisión Federal de Electricidad (CFE)
- Concesionarios
  - Autocar
  - Tirícun
  - Bonfil
  - Sociedad Transporte Maya
  - Transporte terrestre Estatal
- Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA)
- Tren Maya
- Aeropuerto de Cancún
- Proveedores
  - BYD

# E. Fase 1 | 2. Evaluación de capacidades

**Objetivo:** Capacitar e informar sobre procesos, tecnologías entorno al proyecto de electrificación y conocer las condiciones del estado que se encuentra Cancún en el proyecto.

## Actividades

**Visita.** Visita inicial a Cancún para evaluar contexto, las condiciones y componentes del proyecto.

- Sesión de capacitación (introducción)
- Sesión de capacitación sobre mercado, tecnología y modelos de negocio.
- Análisis del entorno en Cancún.

## Entregables

- Capacitación presencial (2 días)
- Presentación de capacitación
- Minutas, entrevistas y consultas de contraparte



**Objetivo:** Evaluar las condiciones actuales de Cancún, con relación a las posibilidades de electrificación del sistema de transporte público y seleccionar las rutas más idóneas

## Actividades

### Actividades iniciales de análisis.

Análisis geográfico de corredores  
Evaluación de la demanda de Transporte  
Evaluación de patios de encierro

### Priorización.

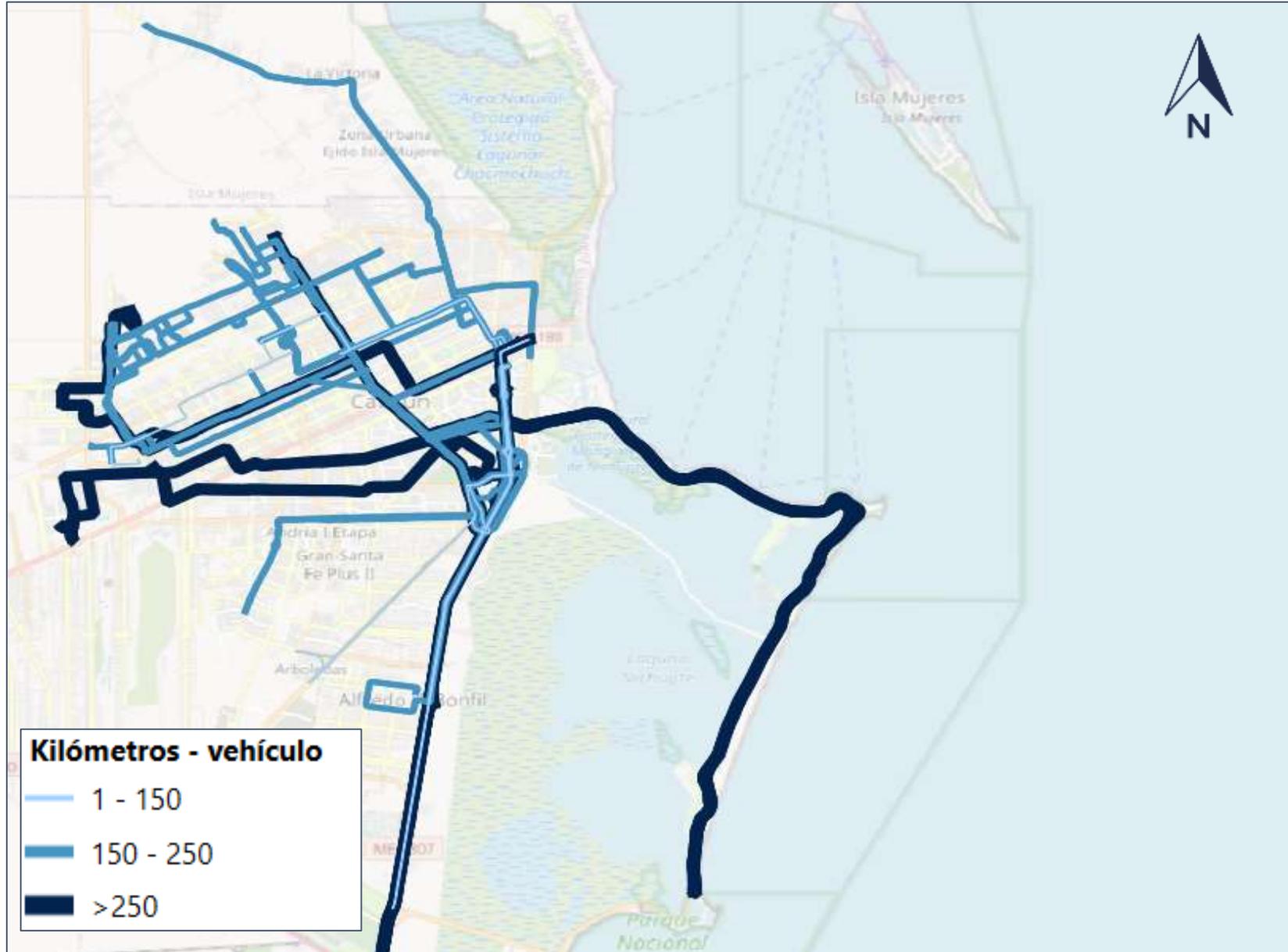
Estimación de costos preliminar de rutas  
Desarrollo de un sistema de puntuación para seleccionar rutas  
Seleccionar un par de rutas por electrificar

## Entregables

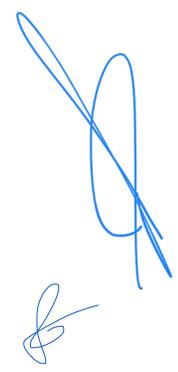
- Memorándum técnico: Análisis de corredores y priorización

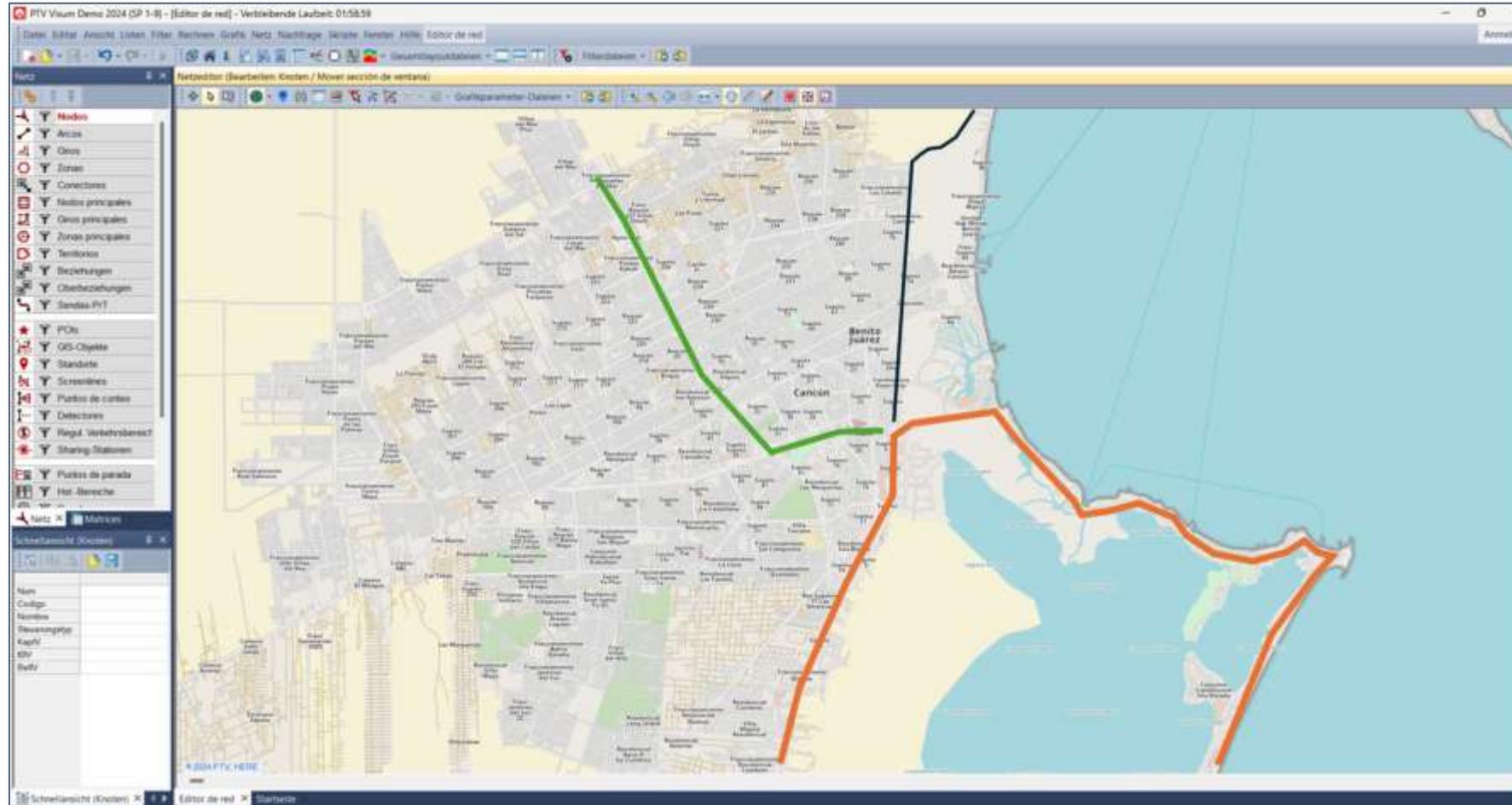


# E. Fase 1 | 3. Evaluación e Identificación de Corredores



Rango km-Veh	Núm. Rutas	% Rutas
<150	19	22.4%
150 < > 250	58	68.2%
>250	8	9.4%
	85	100.0%





## Análisis de corredores con Modelo Visum

- Revisión de la Red
- Realización de la red de corredores
- Calibración del modelo
- Análisis del modelo



# F. Fase 2 | 1. Diseño operacional

**Objetivo:** Estudiar, procesar y determinar las condiciones de operación para la ruta, corredor o sistema en Cancún (recalibración).

## Actividades

### Levantamiento de información de campo (estudios)

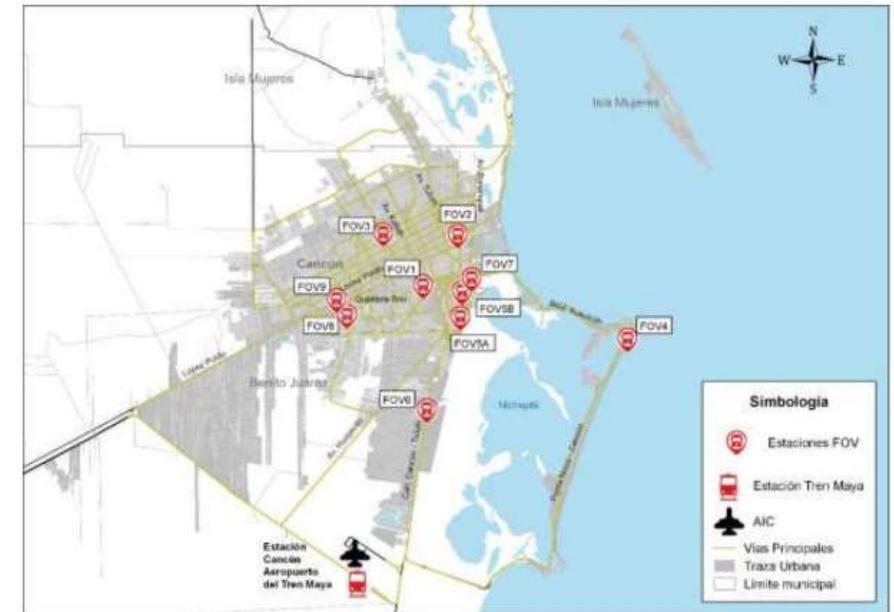
- Capacitación al personal de levantamiento
- Apoyo para conseguir personal en Cancún.
- Revisión de datos FOV / Ascenso-Descenso de las Rurtas
- Procesamiento de información y resultados
- Simulación en VISUM de rutas seleccionadas

## Resultados

- Dimensionamiento de parque vehicular (estimación de flota)
- Dimensionamiento de valores operativos (frecuencias, ocupaciones, intervalos, velocidad, tiempos de recorrido)
- Oferta horaria y perfil horario

## Entregables

- Reporte Técnico: Diseño operacional



**Objetivo:** Conocer el entorno donde se plantea la tecnología eléctrica y dimensionar los requerimientos en equipamiento y proveeduría de componentes eléctricos y energía.

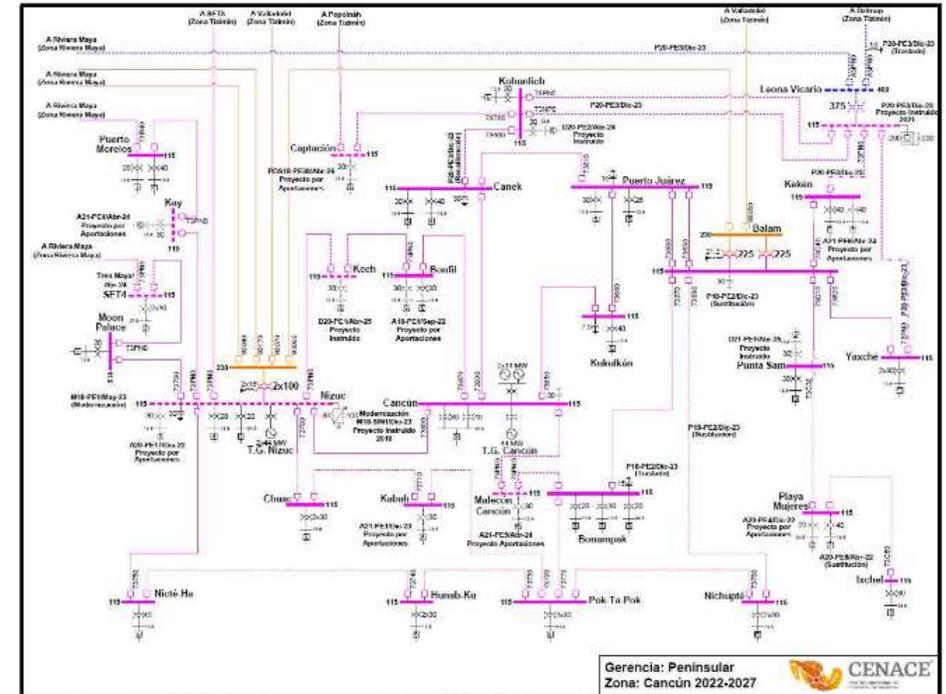
## Actividades

### Visita a lugar

- Conocer el lugar que se propone para implementar infraestructura eléctrica.
- Dimensionamiento del requerimiento de equipamiento eléctrico.
- Análisis de la operación para carga.
- Analizar las condiciones actuales de infraestructura, terreno y condiciones actuales.
- Conocer los alcances que contempla el proyecto en materia de equipamiento eléctrico y sus necesidades.

## Entregables

- Reporte Técnico: Dimensionamiento del equipamiento eléctrico y Costo de implementación.



DOCUMENTO CONFIDENCIAL

**Objetivo:** Dimensionar las necesidades de obra civil en el espacio destinado para implementar infraestructura eléctrica.

## Actividades

### Requerimientos de obra a nivel conceptual

- Conocer el lugar y condiciones bajo las que se encuentra.
- Dimensionar el nivel de intervención de obra necesaria.
  - Equipamiento de seguridad
  - Requerimiento de necesidades protocolarias
  - Renders del diseño propuesto

## Entregables

- Reporte Técnico: Diseño Conceptual



# F. Fase 2 | 4 & 5 Esquema de financiamiento y modelo de negocio.

**Objetivo:** Evaluar las alternativas para el modelo de negocio que representen viabilidad técnica, financiera y legal para el proyecto de Cancún.

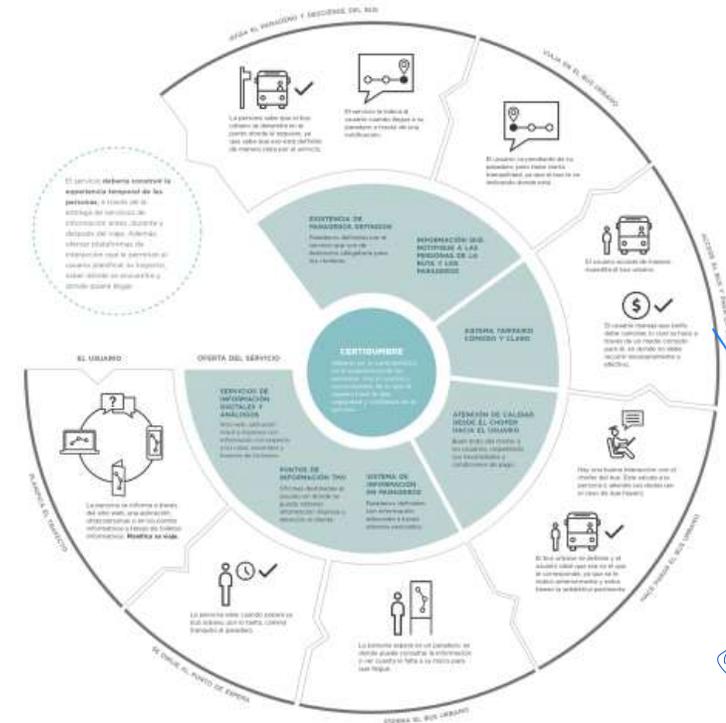
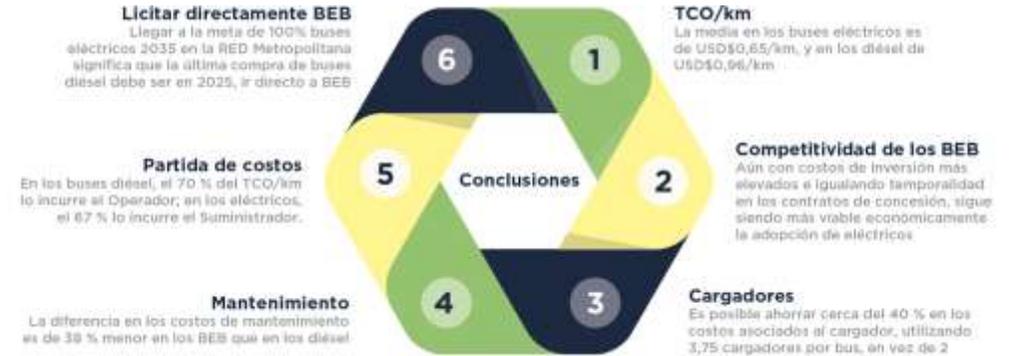
## Actividades

### Modelo de negocio

- Análisis de alternativas de esquema de negocio.
- Análisis de necesidades para el modelo de negocio.
- Alternativas de financiamiento.
- Posibles actores clave en el modelo de negocio.

### Entregables

- Memo Técnico
- Presentación en Power Point



DOCUMENTO CONFIDENCIAL

**Objetivo:** Determinar viabilidad económica del proyecto.

## Actividades

### Modelo financiero

- Benchmarking de autobuses (costos)
- Identificación y dimensionamiento de CAPEX y OPEX
- Determinar los parámetros del modelo acorde al proyecto de Cancún.
- Estructura de modelo financiero.
- Corrida financiera.

### Entregables

- Memo Técnico
- Presentación en Power Point
- Archivo con cálculos e insumos (excel)

Balance Sheet Accounts		Jan-21	Feb-21	Mar-21	Apr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Aug-21	Sep-21	Oct-21	Nov-21	Dec-21	Jan-22	Feb-22	Mar-22	Apr-22	May-22
USD		Month 1	Month 2	Month 3	Month 4	Month 5	Month 6	Month 7	Month 8	Month 9	Month 10	Month 11	Month 12	Month 13	Month 14	Month 15	Month 16	Month 17
<b>BALANCE SHEET ACCOUNTS</b>																		
Operating Cash	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balance	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Percentage of revenues	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Accounts Receivable	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AR from Revenue	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balance	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pre-paid expenses	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balance	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Liabilities	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pre-paid OpeX Outstanding	USD	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Accounts Payable	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balance	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A/P as % of total COGS	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Assets	USD	2,987	2,914	2,821	2,716	2,623	2,528	2,432	2,336	2,240	2,144	2,048	1,952	1,856	1,760	1,664	1,568	1,472
Appliances/office things	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Office furniture	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Computers	USD	2,987	2,914	2,821	2,716	2,623	2,528	2,432	2,336	2,240	2,144	2,048	1,952	1,856	1,760	1,664	1,568	1,472
Network equipment	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Servers & other tech infrastructure	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAPEX	USD	2,987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciation	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>WORKING CAPITAL</b>																		
Change in Operating Cash	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Change in Accounts Receivable	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Change in Accounts Payable	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Working Capital	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>CAPITAL EXPENDITURES</b>																		
By type of asset	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Appliances/office things	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Office furniture	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Computers	USD	2,987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Network equipment	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Servers & other tech infrastructure	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total CAPEX	USD	2,987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>DEPRECIATION &amp; AMORTIZATION</b>																		
Depreciation	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Appliances/office things	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Office furniture	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Computers	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Network equipment	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Servers & other tech infrastructure	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

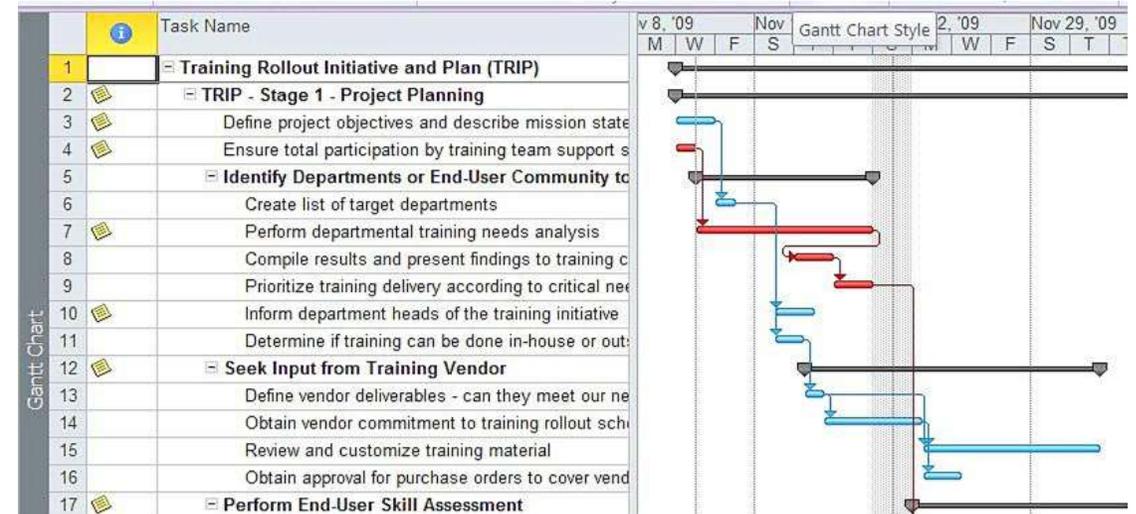
DOCUMENTO CONFIDENCIAL

**Objetivo:** Establecer una ruta crítica para la implementación del proyecto de transporte eléctrico en Cancún.

## Actividades

### Componentes relevantes

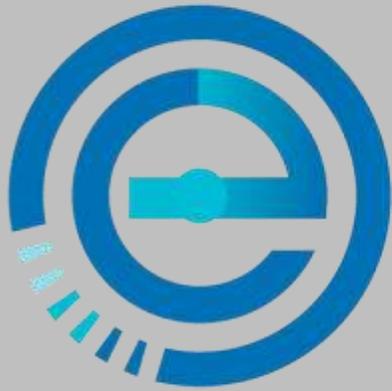
- Identificación de los principales procedimientos.
- Dimensionamiento del tiempo de las tareas.
- Delimitar responsables por cada tarea y componente.
- Establecer objetivos por componente.



### Entregables

- Presentación en PowerPoint con la Ruta Crítica para implementar las rutas eléctricas de Cancún





# mobilitas

Descarbonizar | Digitalizar | Democratizar



## CONTACTO:

E-mail: [gustavo@e-mobilitas.com](mailto:gustavo@e-mobilitas.com)

Consulting: [www.e-mobilitas.com](http://www.e-mobilitas.com)  
Market Place: [www.s-mobilitas.com](http://www.s-mobilitas.com)

Gabriel Mancera 751, B8  
Colonia del Valle Centro, BJ  
Ciudad de México, MX 03100

## DOCUMENTO CONFIDENCIAL

Esta presentación no pretende incluir todos los términos y condiciones de un posible acuerdo de trabajo con el Grupo Emobilitas JV, S.A. de C.V. (E-Mobilitas), sino que se presenta con carácter indicativo, no vinculante y sujeto a cambios. Asimismo, este documento se presenta bajo la condición de que será manejado bajo la obligación de confidencialidad por parte del receptor. Cualquier oferta o propuesta en el futuro se realizará después de que e-Mobilitas realice un análisis diligente de los temas comerciales, técnicos, regulatorios, legales, entre otros, previo a la firma de un contrato con el cliente. Manteniendo absoluta confidencialidad.



Número de licitación: IMOVEQROO/LPN/016/2024

**SERVICIO PARA EL ESTUDIO  
ESPECIALIZADO DEL PROYECTO  
“ELECTROMOVILIDAD PARA EL  
TRANSPORTE PÚBLICO DEL MUNICIPIO DE  
BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO”.**

Entregable 11

2.8 | REPORTE FINAL

31 DE DICIEMBRE DEL 2024

## Contenido

<b>Acrónimos y abreviaturas .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Contenido .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Desarrollo .....</b>	<b>6</b>
3.1. Diseño operacional .....	6
3.1.1. Modelación de la demanda .....	7
3.1.2. Dimensionamiento del parque vehicular.....	7
3.1.3. Evaluación del modelo de reemplazo del parque vehicular .....	8
3.1.4. Dimensionamiento de los valores operativos. ....	8
3.1.5. Oferta horaria.....	9
3.2. Patio de carga .....	9
3.2.1. Electroterminal Sur .....	9
3.2.2. Electroterminal Km-0.....	10
3.2.3. Diseño y Operación Inteligente .....	10
3.2.4. Suministro Eléctrico y Tarificación.....	10
3.2.5. Tecnología y Eficiencia Energética .....	10
3.2.6. Sostenibilidad y Rentabilidad .....	11
3.3 Obra civil, diseño conceptual .....	11
3.4 Factibilidad de modelos de financiamiento .....	12
3.4.1. Etapas de un proyecto de electromovilidad.....	12
3.4.2. Fuentes de financiamiento BANOBRAS.....	13
3.4.3. Alternativas de financiamiento para autobuses eléctricos .....	14
3.5 Modelo de negocio .....	14
3.5.1. Adquisición de autobuses eléctricos .....	15
3.5.2. Cargadores para los autobuses .....	15
3.5.3. Desarrollo de la Infraestructura eléctrica necesaria.....	15
3.5.4. Gestión de los costos de energía.....	16
3.5.5. Análisis de alternativas de esquemas de negocio .....	16
3.5.6. Necesidades para el modelo de negocio.....	16
3.6 Modelo financiero .....	17
3.6.1. Definición de escenarios paramétricos.....	17
3.6.2. Modelo financiero y corrida financiera.....	18
3.6.3. Benchmarking de autobuses y cargadores (costos y tipos).....	18
3.6.4. Identificación y dimensionamiento de CAPEX y OPEX .....	19
3.6.5. Determinación de los parámetros del modelo acorde al proyecto de la Zona Metropolitana de Cancún.....	20
3.6.6. Estructura de Modelo Financiero .....	21
3.7 Hoja de ruta.....	22

3.7.1. Componentes relevantes .....	22
3.7.2. Identificación de los principales procedimientos.....	22
3.7.3. Dimensionamiento del tiempo de las tareas.....	23
3.7.4. Delimitación de responsables por cada tarea y componente.....	23
3.7.5. Establecimiento de objetivos por componente .....	24
3.7.6. Consideraciones generales.....	25
<b>4. Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>26</b>



## Acrónimos y abreviaturas

<b>ACB</b>	Análisis Costo Beneficio
<b>BANOBRAS</b>	Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos
<b>CFE</b>	Comisión Federal de Electricidad
<b>FONADIN</b>	Fondo Nacional de Infraestructura
<b>FOV</b>	Estudio de Frecuencia de paso y Ocupación Visual
<b>HMD</b>	Hora de Máxima Demanda
<b>SMD</b>	Sección de Máxima Demanda
<b>IMOVEQROO / IMOVE</b>	Instituto de Movilidad del Estado de Quintana Roo
<b>NAFIN</b>	Nacional Financiera
<b>PROTRAM</b>	Programa de Transporte Masivo
<b>PROTRAM</b>	Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo
<b>APP</b>	Asociación Público Privada
<b>OPD</b>	Organismo Público Descentralizado
<b>CAPEX</b>	Costos Capitales
<b>OPEX</b>	Costos de Operación



## 1. Introducción

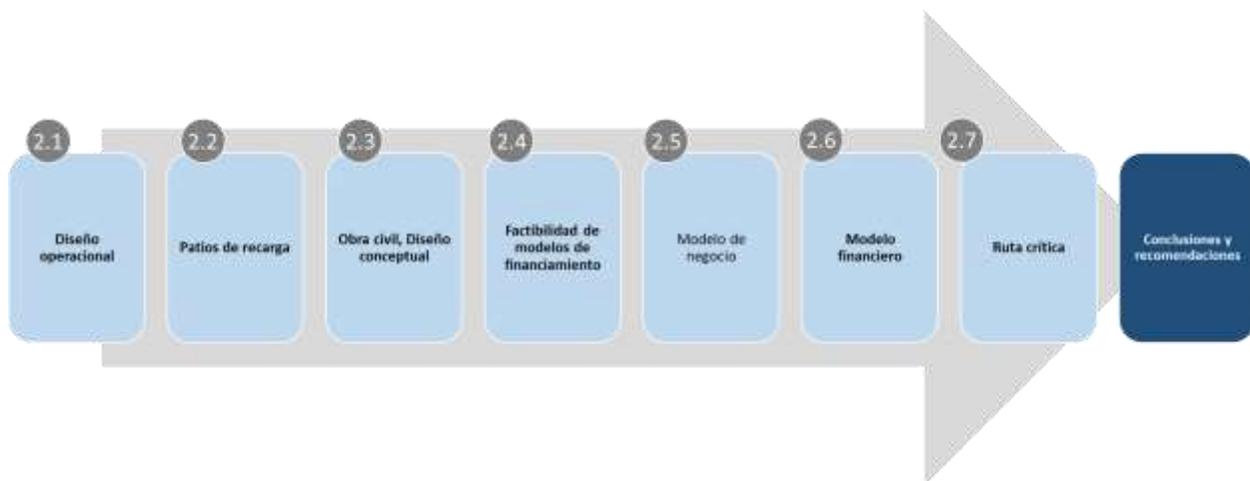
Este reporte tiene como objetivo cumplir con el contrato establecido con el Instituto de Movilidad del Estado de Quintana Roo (IMOVEQROO) para realizar un estudio de electromovilidad en el transporte público del municipio de Benito Juárez. El análisis se centra en identificar las mejores opciones para implementar rutas con unidades eléctricas, mejorar la eficiencia del sistema, promover un transporte más limpio y renovar el marco operativo y legal del servicio en Cancún. Asimismo, busca modernizar y profesionalizar las empresas operadoras, elevando los estándares de gestión y calidad del servicio para ciudadanos y visitantes.

El presente documento, describe el trabajo correspondiente al segundo paquete de entregables, con la presentación de resultados del **Resumen ejecutivo del segundo paquete de este entregable**. A continuación se detalla los trabajos realizados para este informe.

## 2. Contenido

Este reporte ejecutivo se compone del segundo paquete de entrega como parte de la asesoría, con el resumen de los puntos más relevantes y críticos para la transición a vehículos eléctricos en el sistema de transporte de Cancún, Quintana Roo. La siguiente figura describe estos elementos.

Figura 1. Componentes del contenido del reporte



## 3. Desarrollo

### 3.1. Diseño operacional

Con base en los análisis presentados en el entregable anterior y en acuerdo con el equipo de IMOVEQROO, se ha definido que la electrificación del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, comenzará con los tres corredores prioritarios Kabah, Zona Hotelera y Colosio-Tren Maya. En este análisis por optimización operativa son integrados los corredores Kabah y Zona Hotelera en uno solo. Estos presentan condiciones favorables para una migración gradual hacia tecnología eléctrica. Este informe detalla las condiciones operacionales de ambos corredores.

#### Corredor Colosio - Tren Maya

- Corredor con 18 km de longitud, con 21 estaciones y dos terminales, se propone con los siguientes parámetros de operación:
  - 19 autobuses de 12 metros
  - 8 frecuencias
  - 7.5 min de intervalo
  - 19 km/h velocidad comercial
- Un servicio exprés que conecta la terminal Km-0 con la terminal Tren Maya que correrá por el mismo corredor de Colosio, con solo 7 estaciones y las mismas dos terminales.
  - 9 autobuses de 10 metros
  - 4 frecuencias
  - 15 min de intervalo
  - 25 km/h velocidad comercial

#### Corredor Zona Hotelera - Kabah

- Corredor con 30 km de longitud, con 58 estaciones y dos terminales, se propone con los siguientes parámetros de operación:
  - 94 autobuses de 12 metros
  - 45 frecuencias
  - 1.3 min de intervalo
  - 20 km/h velocidad comercial
- Un servicio exprés que conecta la terminal Km-0 con la terminal Tren Maya que correrá por el mismo corredor de Zona Hotelera, con solo 9 estaciones y dos terminales.
  - 12 autobuses de 10 metros
  - 4 frecuencias
  - 15 min de intervalo
  - 25 km/h velocidad comercial

### 3.1.1. Modelación de la demanda

De la evaluación de los 5 corredores, resultaron 3 prioritarios: Colosio-Tren Maya, Kabah y Zona Hotelera. En la ciudad, actualmente operan 94 rutas de transporte público, de las cuales 20 tienen influencia en los tres corredores.

El comportamiento de la demanda durante el día presenta tres picos, el primero y que corresponde a la HMD es de 7:00 a 8:00 hrs. con 59,529 usuarios a bordo en las 94 rutas que operan en la Ciudad de Cancún. El segundo pico de demanda es de 14:00 a 15:00 hrs con una demanda de 49,507 usuarios a bordo de las unidades de transporte; y el tercer horario pico es por la tarde, pero es el más pequeño de los tres y este se observa de 18:00 a 19:00 hrs con 45,549 usuarios.

Con base en los datos del ACB se sabe que la demanda del Corredor Colosio - Tren Maya es de 7,319 pasajeros al día y con una SMD de 536 pasajeros/hr/sentido.

Para el caso del Corredor Kabah - Zona Hotelera (kukulcán) la demanda es de 51,509 y 81,738 pasajeros diarios respectivamente. La SMD es de 3,791 pasajeros/hr/sentido.

### 3.1.2. Dimensionamiento del parque vehicular

Se proponen seis servicios, enlistados a continuación:

- C1 - Km-0 a Tren Maya Cancún Aeropuerto | Parador/Ordinario.
- C2 - Km-0 a Tren Maya Cancún Aeropuerto | Exprés.
- T1 - Viveros Villas del Mar 3 a Punta Nizuc | Parador/Ordinario.
- T2 - Viveros Villas del Mar 3 a Kukulcán Plaza | Parador/Ordinario.
- T3 - Av. Xcaret a Kukulcán Plaza | Parador/Ordinario.
- T4 - Km-0 a Tren Maya Cancún Aeropuerto | Exprés.

Con estos servicios se construyó un modelo operacional en software Visum, en el cual se dibujó una representación de la red vial de la ciudad únicamente de las vialidades por donde se plantearon los cinco corredores evaluados. Se dibujaron los 6 servicios arriba descritos y se modelaron los parámetros operativos que se presentan en la siguiente tabla.

*Tabla 1. Parámetros operativos de la propuesta*

Esquema operativo propuesto HMD						
Parámetros Operativos (HMD)	Colosio C1	Colosio Exprés C2	Kabah - Punta Nizuc T1	Av. Kabah - Kukulcán Plaza T2	Xcaret - Kukulcán Plaza T3	Kukulcán - Zona Hotelera - TM (T4)
	12 Metros	10 Metros	12 Metros	12 Metros	12 Metros	10 Metros
Tiempo Recorrido N-S (min)	58.9	44.8	89.9	71.6	49.7	79.4
Tiempo Recorrido S-N (min)	59.9	45.5	90.8	74.9	53.8	79.3
Tiempo de ciclo (min)	118.8	90.3	180.8	146.5	103.5	158.7
Longitud S1-N-S (km)	18.66	18.66	29.97	23.87	16.57	33.07
Longitud S2-S-N (km)	18.96	18.96	30.28	24.96	17.92	33.05
Longitud S1+S2	37.62	37.62	60.25	48.83	34.49	66.12
SMD Pasajeros/hora/sentido	536.0	-	-	3,791.0	-	-
Velocidad comercial (km/h)	19.00	25.00	20.00	20.00	20.00	25.00
Lugares Ofertados	800	320	500	1,000	3,000	320
Capacidad Vehicular (pax/veh)	100	80	100	100	100	80
Factor de Ocupación (%)	85%	85%	85%	85%	85%	85%
Frecuencias (veh/hr)	8	4	5	10	30	4
Intervalo (min)	7.5	15.0	12.0	6.0	2.0	15.0
Flota requerida (Vehículos)	19	9	17	24	53	12

Fuente. Elaboración propia

En Visum se corrió el módulo e-LineBlocking para estimar la flota que se requerirá para atender la demanda de los corredores. Los resultados son 134 autobuses, 21 autobuses cortos de 10 metros para servicios exprés y 113 autobuses de 12 metros para los servicios parador. Estos 41 autobuses pernoctarán y cargarán en el patio Km-0 y 93 autobuses lo harán en patio Sur. En promedio recorrerán 180 km/autobús/día.

### 3.1.3. Evaluación del modelo de reemplazo del parque vehicular

Se reduce de 20 rutas actuales a sólo 6 rutas. En este contexto, 2 servicios son completamente nuevos y servirán para conectar la terminal del Tren Maya Cancún Aeropuerto con la terminal Km-0, que estará muy cerca del centro de Cancún. Esta reducción de 14 rutas representa también una reducción de 334 vehículos, que es equivalente a un 71% menos de la flota operativa actual.

Actualmente, operan vehículos de baja capacidad como Vans y autobuses cortos (11 mts), y son vehículos propulsados por diésel, los cuales serán reemplazados por vehículos de mayor capacidad y diseñados para transporte público (autobuses de 12 metros); además, serán propulsados por motores eléctricos, es decir, de cero emisiones. De igual manera, para los servicios exprés se utilizarán vehículos cortos (10 metros) y eléctricos. La optimización de la flota implica una mejor utilización de las unidades al aumentar los kilómetros recorridos por autobús, pasando de 121 km/bús/día actualmente, a 180 km/bús/día del modelo, es decir, un 48% de optimización.

### 3.1.4. Dimensionamiento de los valores operativos.

Los valores y parámetros operativos se establecen según la demanda a atender, definiendo las frecuencias de paso y ocupaciones máximas del 85% de la capacidad de los autobuses. El servicio T1 tiene el mayor tiempo de ciclo (180 min), los servicios exprés tienen intervalos de 15 min. El menor intervalo entre salidas es del servicio T3 (2 min), con una frecuencia máxima de 30 autobuses por hora. El servicio T3, al tener la mayor frecuencia, recorrerá 12,563 km diarios,

representando el 48% del total, mientras que el servicio T1 tiene el menor kilometraje con 2,391 km (9%). Los servicios exprés recorren entre 1,488 y 1,622 km diarios. Los kilómetros diarios por autobús varían entre 126 km (T4 exprés) y 243 km (T3).

### 3.1.5. Oferta horaria

La oferta horaria programada para el servicio ordinario Colosio - Tren Maya, opera de 4:30 a 00:00 hrs (19.5 horas), con una oferta total de 8,700 lugares, destacando la HMD de 7:00 a 8:00 hrs con 800 lugares disponibles, equivalentes al 9% de la oferta diaria. Por su parte, el servicio exprés C2 opera solo 10 horas al día en horarios específicos que empatan con el Tren Maya, ofreciendo 320 lugares por hora y un total de 3,200 lugares diarios.

Los servicios Kabah y Zona Hotelera operarán de 4:30 a 00:00 hrs (19.5 horas) con una oferta diaria de 6,000 lugares para el T1, 11,200 para el T2 y 32,100 para el T3. En la hora punta (7:00 a 8:00 hrs), 94 unidades ofrecen 4,500 lugares, equivalente al 9% de la oferta total. El servicio exprés hacia el Tren Maya por Zona Hotelera operará 9 horas al día en horarios específicos que empatan con el tren, con una oferta de 320 lugares por hora y un total de 2,880 lugares diarios.

## 3.2. Patio de carga

El proyecto contempla la construcción de **dos electroterminales estratégicamente ubicadas** en Cancún, Quintana Roo, para soportar la operación de una flota de **134 autobuses eléctricos**. La flota está compuesta por **21 autobuses de 10 metros** y **93 autobuses de 12 metros**, que hacen parte de este primer despliegue de la electromovilidad en el transporte público de la ciudad. Ambas terminales están situadas en puntos críticos del sistema de transporte y en **proximidad a subestaciones de CFE**, facilitando una conexión eficiente con la red eléctrica, bajo las siguientes consideraciones:

### 3.2.1. Electroterminal Sur

- Ubicada en la **confluencia de la Avenida Tulum y la Avenida Rodrigo Gómez (Kabah)**, la Electroterminal Sur ocupa un área de **20,000 m<sup>2</sup>**, con capacidad para **94 cajones de servicio** y una capacidad instalada de **3,480 kW**. Esta terminal está diseñada para **soportar operaciones de alta intensidad** y alberga las áreas de **lavado de unidades y talleres de mantenimiento**.
- Un espacio adicional con **18 cajones para vehículos pesados** y **6 para vehículos ligeros** se ha reservado como **zona de recarga de oportunidad y electrolinería**. Esta sección, ubicada estratégicamente cerca de la intersección de las avenidas, se desarrollará bajo un esquema de concesión, dejando el área preparada y cableada, mientras que la inversión en dispensadores y equipos de rectificación recaerá en el un potencial concesionario.

### 3.2.2. Electroterminal Km-0

- La segunda electroterminal se sitúa en la entrada de la **Zona Hotelera de Cancún**, facilitando la operación de transporte hacia este importante sector turístico. Esta terminal, con un área de **10,000 m<sup>2</sup>**, tiene capacidad para **42 cajones de servicio** y una capacidad instalada de **1,320 kW**. Se contempla la posibilidad de **ampliación o transformación** en un centro de transferencia intermodal, aprovechando su ubicación privilegiada.

### 3.2.3. Diseño y Operación Inteligente

- El diseño de ambas electroterminales responde a las necesidades operativas de la flota, implementando un **sistema de clasificación y jerarquización de autobuses**. Las unidades fueron **ordenadas según su nivel de uso** y distribuidas en zonas específicas del patio. Esta organización distingue entre autobuses que requieren **recargas intermedias durante el día** y aquellos que solo necesitan **recarga nocturna**.
- Esta estrategia optimiza la **distribución de la capacidad eléctrica**, priorizando el acceso a recarga para autobuses con mayor kilometraje diario. A su vez, permite que las unidades con menor demanda energética utilicen la infraestructura en horarios de menor actividad. Este modelo **reduce maniobras innecesarias, mejora el flujo operativo** y maximiza el uso de los dispensadores.
- Además, ambas electroterminales operarán con una **plataforma de smart charging**, que gestionará y optimizará la carga de los autobuses en función de sus necesidades energéticas y programación diaria.

### 3.2.4. Suministro Eléctrico y Tarificación

- Dado que la demanda de las electroterminales superará 1 MW, el suministro eléctrico se gestionará a través del **Mercado Eléctrico Mayorista (MEM)**. Este esquema permitirá acceder a **una tarifa constante durante a lo largo del día**, eliminando restricciones horarias y facilitando la recarga en cualquier momento sin costos adicionales por horarios de demanda alta.

### 3.2.5. Tecnología y Eficiencia Energética

- El proyecto implementa tecnología de **fase dividida**, lo que separa las unidades de rectificación de los dispensadores. Esto permite **cubrir el máximo número de cajones** sin necesidad de sobredimensionar la infraestructura, proporcionando **flexibilidad y escalabilidad** para futuras expansiones.
- El dimensionamiento de la capacidad eléctrica se realizó mediante software de modelación avanzada, que permitió simular las curvas de demanda y asegurar una

infraestructura adecuada para el crecimiento futuro. **Los transformadores se dimensionaron con reserva de capacidad**, permitiendo operar con mayor potencia o implementar rotación de cajones si fuera necesario.

### 3.2.6. Sostenibilidad y Rentabilidad

- Para maximizar el retorno de inversión, se ha contemplado la **generación de ingresos adicionales** a través de la zona de recarga de oportunidad. Esta área podrá ser utilizada por **camiones de reparto, taxis y vehículos particulares**, operando bajo un esquema de concesión.
- Las rutinas de recarga, que combinan **sesiones diurnas y nocturnas**, evita la duplicidad de infraestructura, **reduciendo costos** y asegurando un uso eficiente de la capacidad instalada. Este enfoque **mantiene una alta utilización de los equipos** durante todo el día, optimizando el rendimiento de la inversión y garantizando la viabilidad a largo plazo del proyecto.

### 3.3 Obra civil, diseño conceptual

Para la realización de la obra civil es importante considerar los puntos relevantes respecto a la configuración de los espacios asignados, la funcionalidad, las condiciones de operación, volumen de unidades que circularán y condiciones de la infraestructura eléctrica en cada recinto, resaltando los siguientes puntos:

- **Selección del Sitio:** La Terminal Sur, un sitio de 20,000 m<sup>2</sup> cerca de arterias de transporte clave, prioriza la implementación inmediata. La Terminal Km 0, un sitio de 10,700 m<sup>2</sup> en un punto de acceso turístico importante, permite un desarrollo gradual.
- **Diseño de la Infraestructura:** El diseño considera la proximidad a las subestaciones, la capacidad de la línea de transmisión, los requisitos de potencia, el diseño interno, el flujo de vehículos y el cumplimiento de las normativas locales. Los parámetros incluyen las dimensiones del autobús, los radios de giro y la optimización del flujo de tráfico.
- **Obras Civiles:** Esta fase incluye la preparación del sitio, movimientos de tierra, excavaciones de servicios, construcción de cimentaciones, pavimentación, estructura/techo y sistemas de drenaje. Se especifican los materiales y los métodos de construcción para cumplir con los estándares locales.
- **Infraestructura Eléctrica:** Esto abarca sistemas de media y baja tensión, incluyendo transformadores, paneles de distribución, estaciones de carga, puesta a tierra y características de seguridad. El diseño se adhiere a las normas NOM-001-SEDE-2012 y a los estándares de la CFE.
- **Seguridad:** El diseño incorpora videovigilancia, control de acceso, sistemas de detección/extinción de incendios y equipos de seguridad de acuerdo con las normas

pertinentes. Los protocolos de seguridad hacen énfasis en la seguridad tanto de los trabajadores como de los usuarios.

- **Cumplimiento Normativo:** El proyecto cumple con las normas nacionales y locales, incluyendo las NOM, el Código de Red Eléctrica, las leyes de seguridad laboral y los códigos de construcción de Benito Juárez. Se consideran todos los permisos y aprobaciones necesarios.
- **Implementación por Fases:** El informe sugiere un enfoque por fases, comenzando con la Terminal Sur, para permitir la evaluación y los ajustes en función de la experiencia real antes de implementar completamente la segunda instalación.

### 3.4 Factibilidad de modelos de financiamiento

Los modelos de financiamiento para transporte público son esquemas diseñados para apoyar a los gobiernos y operadores de transporte en la transición hacia tecnologías de transporte eléctrico, facilitando la adquisición de vehículos eléctricos, la construcción de infraestructura de recarga y el desarrollo de proyectos de electromovilidad. El gobierno de Quintana Roo se encuentra en el momento clave para estructurar el mejor modelo de financiamiento para transitar a transporte eléctrico.

#### 3.4.1. Etapas de un proyecto de electromovilidad

Las fuentes de financiamiento a las que IMOVE puede tener acceso para el proyecto de electromovilidad están clasificadas en cuatro categorías principales, cada una con características específicas que se describen a continuación:

El financiamiento del Sector Público se origina del Presupuesto General de la Nación (PGN) mediante recursos del tesoro (recaudación fiscal), recursos de crédito público (endeudamiento interno o externo) y recursos propios (ingresos por bienes y servicios, donaciones, transferencias). Este es aplicable a Financiar planeación, operación y mejoras en transporte público, incluyendo programas y fideicomisos específicos.

Banca de Desarrollo como las instituciones Nacional Financiera (Nafin) y Banobras que tienen un enfoque de Apoyo a sectores estratégicos como transporte público, infraestructura y PyMEs, con créditos accesibles y regulados por el Banco de México y la CNBV. Funcionan también como catalizadores para inversiones en áreas prioritarias, especialmente donde el financiamiento privado no es viable.

Es importante que el IMOVE busque estas instituciones que además de financiamiento pueden apoyarlo en estructurar una entidad reguladora del sistema de transporte ya que actualmente la estructura con la que cuenta el IMOVE no está enfocada en regular un sistema estructurado como el que se plantea.

En el Sector Privado el financiamiento puede ser con las siguientes modalidades, inversiones directas, asociaciones público-privadas (APP) y concesiones. El enfoque Desarrollo, operación y modernización de infraestructura y tecnología. Este tipo de financiamiento puede ser

complementario a los esfuerzos públicos mediante esquemas colaborativos y eficiente asignación de recursos.

Uno de los ejes de acción de NAFIN, es respaldar proyectos de transporte. Sus principales áreas de financiamiento incluyen a sectores estratégicos como proyectos en transporte, entre otros.

### 3.4.2. Fuentes de financiamiento BANOBRAS

El Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) fue creado para apoyar proyectos con inversión público-privada. A través del PROTRAM, ofrece financiamiento para proyectos de transporte público. Sus apoyos incluyen recursos no recuperables para estudios y asesorías (hasta el 50% del costo) y apoyos recuperables en forma de créditos, créditos subordinados, garantías y financiamiento para fondos de capital de riesgo, infraestructura y estudios especializados.

Para acceder a estos apoyos, los proyectos deben cumplir un ciclo de elegibilidad con fases específicas que aseguran su viabilidad y alineación con los objetivos del programa.

1. Fase 1: Identificación PROMOTOR/Consultor.
2. Fase 2: Preparación PROMOTOR/Consultor.
3. Fase 3: Evaluación y Autorización Apoyo FONADIN.
4. Fase 4: Formalización e implementación PROMOTOR.
5. Fase 5: Construcción y Operación PROMOTOR.
6. Modelos de financiamiento para la infraestructura de recarga

La renovación de la Línea 3 del Metrobús en la Ciudad de México marcó un hito al convertirse en la primera línea totalmente eléctrica del sistema, gracias a una colaboración entre el Gobierno de la Ciudad, el Fideicomiso de Metrobús, la CFE y el sector privado (MIVSA y Enel X). El proyecto, parte del Programa Integral de Movilidad (2019-2024), incluyó la adquisición de autobuses eléctricos articulados y la instalación de 32 cargadores gestionados por Enel X a través de una licitación.

Enel X también destaca en Santiago de Chile, donde ha implementado infraestructura de recarga para 1,536 autobuses eléctricos en colaboración público-privada con Metbus, BYD y la agencia de transporte local, integrando terminales eléctricas y paneles solares.

### 3.4.3. Alternativas de financiamiento para autobuses eléctricos

Enel X ha sido clave en la electrificación del transporte público en diversas ciudades mediante soluciones integrales que incluyen la provisión de autobuses eléctricos, infraestructura de recarga y servicios de mantenimiento. En Bogotá, implementó el modelo "e-Bus as-a-Service" para Transmilenio, asumiendo la inversión inicial y los riesgos operativos, mientras gestionaba la operación y mantenimiento de la flota. En Santiago de Chile, en asociación con un fondo de inversión, ha suministrado autobuses eléctricos, desarrollado infraestructura de carga y compartidos riesgos financieros para facilitar la expansión de la flota eléctrica, contribuyendo significativamente a la movilidad sostenible.

### 3.5 Modelo de negocio

La creación de un fideicomiso es esencial para garantizar la gestión transparente y eficiente de los recursos financieros del nuevo sistema de transporte. Los fideicomisos se constituyen con los ingresos generados por peajes principalmente, los cuales están destinados al pago de servicios conexos, mantenimiento de infraestructura y autobuses, y al financiamiento de créditos para empresas operadoras.

El fideicomiso está compuesto por tres figuras principales: el fideicomitente, que incluye a un (OPD) que aporta infraestructura financiada con subsidios estatales y federales, y los operadores del sistema que contribuyen con ingresos por tarifas y publicidad; el fiduciario, que debe ser una institución financiera con experiencia en fideicomisos públicos, encargada de administrar los recursos con transparencia y cumplimiento de objetivos; y los fideicomisarios, que son los beneficiarios, como acreedores (Nafin), proveedores de energía (CFE), transportistas, contratistas de operación y mantenimiento, y el Gobierno del Estado de Quintana Roo para cubrir gastos administrativos. Esta estructura busca garantizar la sostenibilidad financiera y operativa del sistema.

Las prelación de pago en un fideicomiso de transporte establecen el orden en que se distribuyen los recursos financieros obtenidos por el sistema. Este orden está diseñado para priorizar las necesidades críticas y garantizar la operación eficiente. A continuación, la prelación propuesta:

- Primera prelación: Servicio de deuda (Nafin).
- Segunda prelación: Energía.
- Tercera prelación: Operación y mantenimiento de autobuses.
- Cuarta prelación: Mantenimiento de la infraestructura eléctrica.

El modelo de negocio propuesto para la transición del transporte en Cancún hacia un sistema eléctrico se enfoca en cuatro componentes clave: adquisición de autobuses eléctricos, cargadores, desarrollo de infraestructura eléctrica y gestión de costos de energía. Este modelo busca cubrir tanto los costos de capital (CAPEX) como los operativos (OPEX) mediante estrategias de financiamiento sostenible y optimización de recursos, asegurando una implementación eficiente y adecuada del proyecto.

#### 3.5.1. Adquisición de autobuses eléctricos

El modelo para la adquisición de autobuses eléctricos propone apoyar a los transportistas con un bono de chatarrización de hasta el 15% del costo de la unidad, gestionado por IMOVEQROO con apoyo de programas de Nafin y el Banco de Desarrollo Alemán (KfW), y financiar el resto mediante préstamos verdes.

Los costos operativos (OPEX) se cubrirán con la tarifa del sistema, con ahorros proyectados de hasta un 40% en mantenimiento y 75% en energía frente a autobuses diésel.

Entre las fortalezas destacan la reducción de costos operativos, incentivos financieros atractivos que mitigan el CAPEX inicial y un impacto ambiental positivo. Sin embargo, los desafíos incluyen el alto costo inicial de los autobuses eléctricos y el reemplazo de baterías, que puede afectar el Costo Total de Propiedad si no se planifica adecuadamente.

### 3.5.2. Cargadores para los autobuses

La propuesta para la transición de autobuses diésel a eléctricos en Cancún plantea que los transportistas cubran los costos de energía, financiados mediante la tarifa del sistema, con la posibilidad de negociar tarifas preferenciales con la CFE para reducir los costos operativos.

Los beneficios incluyen un ahorro energético de hasta el 75% en comparación con el diésel, una menor huella de carbono y la oportunidad de incorporar energías renovables para fortalecer la sostenibilidad del sistema. Sin embargo, los desafíos incluyen la posible fluctuación de los precios de la electricidad, que puede generar incertidumbre a largo plazo, y la capacidad de la red eléctrica para atender la demanda durante las horas pico, lo que requiere una gestión eficiente del consumo energético.

### 3.5.3. Desarrollo de la Infraestructura eléctrica necesaria

La propuesta de infraestructura eléctrica para los patios de encierro y carga de autobuses eléctricos en Cancún implica inversiones significativas, financiadas al 100% por el IMOVEQROO para cubrir costos de conexión con la CFE, transformadores, módulos de potencia y cableado.

Se destaca la necesidad de adaptar los patios Km-0 y Sur para alojar la infraestructura necesaria, mientras que los costos operativos se cubrirán mediante los ingresos del sistema.

Entre las fortalezas se incluyen el alivio financiero para los transportistas, la optimización de costos operativos a largo plazo, la mejora de la red eléctrica local y el posible apoyo de programas federales como el PROTRAM. Sin embargo, los desafíos incluyen los altos costos de instalación, tiempos prolongados de implementación y posibles interrupciones en el suministro eléctrico si no se gestiona adecuadamente la conexión y la demanda.

### 3.5.4. Gestión de los costos de energía

La transición de autobuses diésel a eléctricos en Cancún implica que la energía provenga de la CFE, con costos variables según el consumo y huso horario. Se propone que los transportistas asuman los costos de energía, financiados mediante la tarifa del sistema, con la posibilidad de negociar tarifas preferenciales para reducir el costo operativo. Las fortalezas incluyen ahorros de hasta un 75% en energía respecto al diésel, una operación más limpia que reduce la huella de carbono, y la posibilidad de incorporar energías renovables. Sin embargo, los desafíos incluyen la variabilidad en los precios de la electricidad y la necesidad de una gestión eficiente para evitar problemas en la red eléctrica durante las horas pico.

### 3.5.5. Análisis de alternativas de esquemas de negocio

El IMOVEQROO junto con los transportistas tienen dos principales opciones de esquemas de negocio que ayudarían en la minimización de los CAPEX de flota y de infraestructura.

Estas opciones incluyen a Nafin y a BANOBRAS con su programa PROTRAM. En el caso de Nafin institución que cuenta con un bono de chatarrización que ofrece un incentivo de hasta el 15% del valor total de los vehículos eléctricos, adicionalmente a este bono el transportista puede adquirir lo que Nafin denomina Créditos Verdes que es financiamiento para autobuses eléctricos con tasas preferenciales y plazos más amplios. Dichos programas deben ser gestionados por el IMOVEQROO.

El PROTRAM es un mecanismo del FONADIN diseñado para financiar proyectos de transporte masivo en México. Ofrece recursos recuperables y no recuperables para la planeación, construcción y operación de infraestructura de transporte sustentable. Los proyectos deben demostrar viabilidad técnica, financiera y ambiental, y estar alineados con planes de desarrollo urbano y movilidad sostenible. Sin embargo, es complejo la gestión de estos recursos dados los procesos administrativos, la dependencia de recursos públicos y la necesidad de colaboración entre los niveles de gobierno y el sector privado.

### 3.5.6. Necesidades para el modelo de negocio

La profesionalización del transporte es un proceso de mejora y estandarización de las competencias, prácticas y capacidades del sector transporte, tanto en la operación como en la administración. Esto implica la capacitación constante de los operadores, la implementación de normativas y estándares técnicos, así como la incorporación de tecnologías avanzadas para optimizar el rendimiento de las flotas y los sistemas de transporte.

**A continuación, se describen las necesidades para la autoridad.**

- Marco normativo y regulatorio: Creación de leyes, normas y reglamentos como estándares de calidad, seguridad y operación.
- Planeación estratégica: Diseño de planes de movilidad urbana sostenible y aplicación periódica de estudios.
- Capacitación y Certificación: Implementar programas de formación para personal de supervisión y regulación. Establecer procesos de certificación para operadores y empresas.
- Monitoreo y evaluación: Implementar y operar sistemas de monitoreo. Utilizar indicadores de desempeño.
- Tecnología e innovación: Promover la digitalización del sistema de transporte y fomentar la adopción de tecnologías limpias.
- Gestión financiera: Asegurar financiamiento para infraestructura, capacitación y renovación de flotas. Diseño de esquemas tarifarios sostenibles (accesibilidad a usuarios y viabilidad operativa)

## Para el transportista (operadores)

- Capacitación del personal: Formación continua a conductores, mecánicos y Mantto a infraestructura. Certificación de capacitaciones.
- Gestión operativa: Optimización de rutas y horarios. Monitoreo y mantenimiento preventivo de la flota.
- Incorporación de tecnologías: Uso de sistemas de gestión de flotas e implementación de plataformas digitales.
- Cumplimiento normativo: Alineamiento de la operación a las regulaciones definidas por la autoridad. Participación en auditorías y procesos de evaluación.
- Relación con los usuarios: Crear canales efectivos de comunicación y promover la educación vial y cultura de respeto.
- Sostenibilidad e innovación: Renovación de flota con tecnologías limpias. Participar en programas de financiamiento o apoyo gubernamental.

## 3.6 Modelo financiero

### 3.6.1. Definición de escenarios paramétricos

Los valores presentados en el modelo financiero atienden las necesidades operativas desarrolladas en el entregable 4, 2.1 Diseño Operacional, que define los requerimientos operativos para los corredores analizados. La siguiente tabla describe los parámetros empleados por corredor:

Tabla 1. Parámetros operativos

ID	Concepto	Zona Hotelera - Kabah	Colosio Tren Maya
1	Parque vehicular total	106	28
1.1	Padrón 12 m	94	19
1.2	Corto 10 m	12	9
2	Kilómetros recorridos promedio ponderado	164.07	164.07
2.1	Día hábil (L-V) (250 días)	181.80	184.71
2.2	Sábado (52 días)	145.44	147.77
2.3	Domingo (52 días)	109.08	110.83
2.4	Festivo (11 días)	109.08	110.83

Fuente. Elaboración propia

### 3.6.2. Modelo financiero y corrida financiera

Cómo ya se mencionó, con base en la investigación del mercado y definición de los insumos acorde a las necesidades de los corredores en Juárez, Quintana Roo, el monto de inversión inicial, asciende a un total de 904.64 y 235.16 MDP para el corredor Colosio y Zona Hotelera, respectivamente.

Tabla 2. Montos de CAPEX y OPEX

ID	Concepto	CAPEX	OPEX	CAPEX	OPEX
----	----------	-------	------	-------	------

		(primer año)	(primer año)
	<b>Corredor</b>	<b>Colosio Tren Maya</b>	<b>Zona Hotelera - Kabah</b>
1	<b>Parque vehicular</b>	<b>904,643,608</b>	<b>44,350,068*</b>
	Pago inicial (enganche 15%)	135,696,541	35,275,155
	Equipo embarcado	7,345,000	1,820,000
2	<b>Infraestructura eléctrica</b>	<b>62,272,400</b>	<b>70,461</b>
	Equipos eléctricos (incluye cargadores)	19,972,871	50,349,193
	Conexión del patio	0	0
	Baja tensión	5,304,755	9,706,453
	Media tensión	3,826,312	10,852,610
	Obra civil	16,025,701	27,697,494
	PMO	1,287,151	2,714,948
	Proyecto ejecutivo, permisos, gestión y fianzas	6,356,431	9,992,178
	Reservas	9,499,180	20,036,287

Fuente. Elaboración propia

\*Costo de energía, operadores, staff operativo, pólizas y servicio de datos

El modelo financiero para determinar los costos de inversión (CAPEX) y de operación (OPEX), se plasmaron en un archivo Excel.

### 3.6.3. Benchmarking de autobuses y cargadores (costos y tipos)

Para la valoración de los insumos en el mercado para cubrir las necesidades del proyecto en materia de parque vehicular y cargadores, se realizó un benchmarking de autobuses eléctricos para evaluar fabricantes y productos, considerando eficiencia, confiabilidad y competitividad para un posible despliegue en Cancún, de 23 posibles fabricantes se obtuvo información ampliamente contestada de 7 y 2 más parcial. Es importante mencionar que las marcas con mayor información fueron, Volvo, Scania, BYD, Marcopolo, DINA-MegaFlux, Yutong y Zhongtong. Para los cargadores, se evaluaron marcas líderes como Hitachi, Huawei, Power Electronics, Kempower y Star Charge para identificar una solución modular que optimice la operación de la electroterminal, reduciendo rectificadores y maximizando dispensadores. De esta información se obtuvo la estimación del precio, bajo las condiciones necesarias del proyecto, descritos a continuación:

Tabla 3. Costos de la flota

Id	Marca	Tipo	Precio MXN*
1		Autobús padrón 12 m batería 422 kWh	\$7,957,176.60
2		Autobús padrón 12 m batería 465 kWh	\$8,373,506.40
3		Autobús padrón 10 m batería 300 kWh	\$8,334,647,379
4		Cargador 4,800 kWh	\$13,863.12

Fuente. Elaboración propia

\*Precio con IVA

La definición para realizar el modelo financiero fueron las unidades padrón con un costo de 7.95 MDP y para las unidades a 10 m con un costo de 8.3 MDP, mientras que los cargadores, se definió el costo unitario de 13.86 MDP.

### 3.6.4. Identificación y dimensionamiento de CAPEX y OPEX

El análisis de costos incluye la planificación, diseño y construcción de dos terminales de recarga para autobuses eléctricos en Cancún, con 94 puntos en la Terminal Sur y 42 en la Terminal Km 0, basado en prácticas del PMI y ajustado a las particularidades de la región. Para la estimación de los costos asociados a la implementación de los dos corredores, se definieron los siguientes conceptos para su valoración en el modelo financiero:

- **Obra civil:** Incluye el movimiento de tierra, nivelación, cimentaciones, bases de cargadores, pavimentos, canalizaciones, techumbre, señalización, seguridad y supervisión de la obra, con un director residente para garantizar su ejecución adecuada.
- **Obras eléctricas - Baja tensión:** Involucra el diseño e instalación del sistema eléctrico, tendido de cables, centros de carga, transformadores de baja tensión de 1500 kVA, sistema de puesta a tierra, protecciones y la verificación por UVIE.
- **Obras eléctricas - Media tensión (CFE):** Incluye la recalibración de la línea subterránea de media tensión, instalación de medidores, cables subterráneos, equipos restauradores de MT, banquetas para registros y gestión de cargos por servicios de CFE.
- **Circuito emergente:** Consiste en una obra eléctrica en media tensión para respaldo de abastecimiento, que se considera innecesaria dado que las terminales son redundantes entre sí.
- **Cargadores:** Los detalles específicos de los cargadores están descritos en la sección de Benchmark de cargadores.
- **Costos de conexión:** Incluye el cargo por ampliación de la capacidad eléctrica solicitada a CFE.
- **Otros costos:** Considera el proyecto ejecutivo, seguros, fianzas, financiamiento e indirectos asociados al proyecto.
- **Depósito en garantía CFE:** Es un monto requerido al establecer un contrato de suministro eléctrico para garantizar el pago, basado en el consumo estimado y la tarifa contratada, reembolsable con los intereses acumulados si no hay adeudos.
- **Reserva de contingencia y gestión:** Fondo destinado a cubrir imprevistos y garantizar una correcta gestión del proyecto.

Esta definición permite cuantificar cada uno de los conceptos por componente dentro del proyecto, organizándose de manera que se puedan diferenciar los montos y los responsables de cada uno, con un enfoque particular en el modelo de negocio.

### 3.6.5. Determinación de los parámetros del modelo acorde al proyecto de la Zona Metropolitana de Cancún

Para tropicalizar el modelo acorde las necesidades de la operación y condiciones del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, se consideraron las siguientes condiciones:

#### Generales

- Horizonte de análisis. El modelo financiero está diseñado para un periodo de 15 años, equivalente a la vida útil estimada del parque vehicular eléctrico.
- Tipo de cambio del dólar. Se considera un precio del dólar de \$20.22 MXN (fecha de referencia: 9 de diciembre de 2024). Este valor es variable y puede influir en los montos presentados en este informe, dependiendo del momento en que se realice la evaluación.
- Información del modelo operacional. Los kilómetros recorridos se estimaron a partir de la modelación operativa basada en PTV Visum y e-LineBlocking.
- Costo de baterías en el tiempo. Se proyecta un precio de 270 USD/kWh para el año 2032, correspondiente al periodo de sustitución de baterías.
- Plantilla operativa: Se realizó una estimación de la plantilla necesaria, considerando personal operativo, administrativo y legal, ajustada a las necesidades del proyecto.
- Personal de conducción: Se considera un factor de 2.2 personas operadoras por unidad, comúnmente utilizado para cubrir operaciones con más de dos turnos.
- Días hábiles: El análisis contempla un total de 321 días hábiles al año como referencia para la operación.
- Condiciones crediticias: Las condiciones de financiamiento del parque vehicular se establecieron en términos similares a otros proyectos de renovación vehicular en el país.

#### Información operativa

- Parque vehicular mixto, para los servicios en los dos corredores. Con unidades padrón de 12 m, con baterías de 422 y 465 kWh y unidades cortas de 10 m con baterías de 300 kWh.
- Rendimiento del parque vehicular con aire acondicionado.
- Kilómetros recorridos. Con un promedio ponderado de 164.07 y 166.69 y en día hábil de 181.80 y 184.71 para los corredores Zona Hotelera - Kabah y Colosio Tren Maya, respectivamente.
- El costo de la energía para suministrar al parque vehicular es de \$3.08 por cada kilowatt.

#### Información crediticia

Para la corrida del financiamiento del parque vehicular para ambos corredores:

- Tasa de interés del 12%.
- Periodo del crédito de 10 años.
- Enganche (pago inicial) del 15% del total de la deuda.

- Costo por seguro del parque vehicular del 1.15%.

### 3.6.6. Estructura de Modelo Financiero

El modelo financiero contiene las inversiones CAPEX (año 0) y OPEX (durante la vida útil del parque vehicular eléctrico de 15 años), con las siguientes hojas por corredor:

- Resumen. Contiene los principales resultados del Presupuesto Inicial (CAPEX), Calendario de Inversiones y Reinversiones y de los costos de Operación y Mantenimiento (OPEX) del proyecto.
- Información General. Consiste en la información general del proyecto como periodos de análisis y cifras generales.
- Información Operativa. Comprende los supuestos de crecimiento de la demanda y kilometraje para la adquisición y sustitución de todo lo relacionado con la flota, equipos y sistemas.
- Financiamiento del parque vehicular. Escenario crediticio del parque vehicular.
- Inputs CAPEX. Contiene los precios unitarios para la estimación del presupuesto inicial y reinversiones.
- Input OPEX. Comprende los supuestos de costos de mantenimiento de todos los componentes del proyecto: autobuses, cargadores, obra electromecánica, infraestructuras, etc.
- Inputs OPEX desglosado. Presenta el detalle del staff administrativo y operativo, así como la estimación de gastos corrientes por la operación de los edificios administrativos.
- Reinversiones. Muestra las cantidades y años en los cuales se realizarán reinversiones o sustituciones de componentes relevantes, tales como flota, baterías, cargadores, obra electromecánica, sistemas, equipos y otras infraestructuras.
- OPEX del Proyecto. Contiene el desglose anual de los gastos de operación y mantenimiento de acuerdo con todas las hojas anteriores.

Respecto a la infraestructura de carga, se recomienda lo siguiente:

- La investigación de mercado se enfocó en rectificadores de fase dividida, equipos que integran funciones de rectificación y dispensadores de energía a modo de satélites. Este enfoque permite utilizar una misma unidad para atender múltiples ubicaciones con diferentes dispensadores, una solución adecuada considerando la escala del proyecto.
- Con base en la evaluación realizada, Power Electronics se posiciona como la mejor opción debido a los siguientes factores:
  - Tamaño y modularidad: Su diseño compacto y flexible facilita la implementación en proyectos de diferentes escalas.
  - Especialización en inversores y eficiencia energética: Su experiencia garantiza un rendimiento óptimo en la gestión de energía.
  - Presencia internacional y local: Cuenta con una amplia trayectoria en Estados Unidos y Europa, y opera bajo el estándar CSS 1, ampliamente utilizado en México.

- Esta combinación de características hace de Power Electronics una solución confiable y eficiente para atender las necesidades del proyecto.

### 3.7 Hoja de ruta

Este informe presenta los resultados correspondientes al entregable 10 del segundo paquete (2.7), denominado "Ruta Crítica", como parte de la asesoría para el Estudio Especializado del Proyecto de Electromovilidad para el Transporte Público del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

Con base en el entregable 1, E1.3 | Informe de Recomendaciones de Hoja de Ruta a Mediano Plazo, y en coordinación con el IMOVE, se establecieron los principales corredores y patios prioritarios para su desarrollo, siguiendo el orden de implementación: i) Corredor Colosio - Tren Maya y ii) Zona Hotelera - Kabah; así como los patios i) Kilómetro 0 y ii) Patio Sur.

Este informe detalla las actividades esenciales de la Ruta Crítica necesarias para la implementación del proyecto y presenta un resumen de los principales resultados.

#### 3.7.1. Componentes relevantes

- En esta etapa del proyecto, es esencial abordar componentes clave que influyen en su viabilidad y ejecución:
- IMOVE como gestor del proyecto: actuará como líder para coordinar actividades, dependencias y actores clave.
- BANOBRAS/PROTRAM: estos organismos podrían financiar hasta el 33% de la inversión total, sujeto al cumplimiento de sus requisitos.
- Fabricantes de autobuses eléctricos: proveerán vehículos con especificaciones técnicas adaptadas a las condiciones climáticas locales.
- Proveedores de infraestructura eléctrica: se encargará de la construcción de infraestructura eléctrica y obra civil en los patios Kilómetro 0 y Sur, conforme a las definiciones del IMOVE.

#### 3.7.2. Identificación de los principales procedimientos

Para garantizar la correcta ejecución del proyecto de electromovilidad en Benito Juárez, se deben cumplir procedimientos clave en dos etapas:

##### Previo a la implementación:

- Reestructuración del IMOVE. Fortalecer su capacidad de gestión mediante la asignación de responsables y personal capacitado en movilidad eléctrica.
- Publicación de la Ley de Movilidad. Establecer un marco normativo que permita la reestructuración de concesiones y fomento inversiones en vehículos e infraestructura.
- Ajuste normativo para recursos federales. Definir la institución encargada de gestionar recursos de programas como PROTRAM y consolidar empresas de transporte.

- Elaboración de instrumentos requeridos. Actualizar documentos como el PIMUS y modelos financieros para cumplir con requisitos de BANOBRAS/PROTRAM.
- Asistencia técnica especializada. Contratar expertos externos para mitigar riesgos y fortalecer áreas clave, como licitaciones y lineamientos técnicos.
- Participación de entidades financieras. Evaluar opciones con bancos como NAFIN para asegurar recursos bajo requisitos específicos, como dispositivos de recaudo electrónico.
- Selección de fabricantes. Escoger vehículos adaptados al clima local y garantizar soporte posventa confiable.

#### **En la preparación:**

- Especificaciones técnicas. Definir los requerimientos técnicos del proyecto, ya sea internamente o mediante asesorías externas.
- Contratación de servicios clave. Asegurar que la adquisición de autobuses, infraestructura eléctrica y tecnología cumpla con estándares de operación y garantías posventa.
- El IMOVE deberá liderar y supervisar estos componentes estratégicos para mitigar riesgos y garantizar el éxito del proyecto.

#### **3.7.3. Dimensionamiento del tiempo de las tareas**

La implementación de los corredores eléctricos, incluyendo la construcción de los patios Kilómetro 0 y Sur, se estima entre 12 y 18 meses, excluyendo los procesos previos de gestión y obtención de recursos, que podrían tomar hasta 18 meses adicionales dependiendo de las prioridades y capacidades de las autoridades.

#### **3.7.4. Delimitación de responsables por cada tarea y componente**

Es necesario definir responsabilidades claras para gestionar, supervisar y dar seguimiento a los contratos y avances del proyecto.

- El IMOVE será el líder y gestor del proyecto, coordinando actividades internas y externas, priorizando tiempos y seguimiento.
- La consultoría de transporte, contratada externamente, desarrollará productos especializados bajo la supervisión del IMOVE.
- La consultoría de ingeniería civil se encargará del diseño y dimensionamiento de la infraestructura eléctrica, con especialización en este campo.
- La consultoría financiera asesorará al IMOVE en la gestión de recursos y el desarrollo de productos financieros necesarios para el proyecto.
- Los concesionarios operarán el servicio bajo nuevos sistemas de gestión y serán responsables de gestionar el crédito para las unidades eléctricas.

#### **3.7.5. Establecimiento de objetivos por componente**

Cada una de las actividades para la ejecución de los corredores eléctricos requiere de objetivos para su correcta ejecución, como se describe a continuación:

- **Identificación del proyecto:** se han delimitado los corredores prioritarios, se define el esquema de gestión para el corredor Colosio y se realiza el estudio de factibilidad para el primer corredor eléctrico y el principal corredor Zona Hotelera - Kabah.
- **Definición del proyecto:** se define la participación de demanda y empresas por corredor, determinando el alcance con la ruta hacia el aeropuerto, buscando maximizar el desempeño del corredor Colosio.
- **Estudios de pre-inversión:** se valida el modelo de transporte de Cal y Mayor y los números utilizados en el estudio, con el fin de generar condiciones favorables para la evaluación con la Unidad de Inversión y aprobación del PROTRAM.
- **Estructuración financiera:** se calibra el modelo financiero, determinando costos reales con cotizaciones de proveedores y validando el modelo con pruebas de unidades en condiciones reales de operación de la ciudad.
- **Estructuración del Fideicomiso:** se define el esquema de adquisición del parque vehicular, trabajando con NAFIN para obtener bonos de chatarrización y financiamiento verde para los transportistas, también mediante licitación pública.
- **Autorización de recursos:** se delimita el tiempo y presupuesto necesario, coordinando con PROTRAM para diseñar un plan de trabajo que asegure el cumplimiento de los procedimientos y tiempos de gestión de recursos.
- **Estructuración contractual:** se define el esquema de selección del proveedor mediante licitación pública, estableciendo condiciones específicas para las unidades con base en las necesidades de cada corredor.
- **Construcción y puesta en marcha:** se define el esquema de contratación para la construcción de la obra eléctrica, con aportaciones del Gobierno Estatal y Federal a través de PROTRAM, y un plan de trabajo para asegurar el cumplimiento del tiempo.
- **Operación y mantenimiento:** se define el tipo de contrato para el mantenimiento de la infraestructura, recomendando subcontratar a un tercero especializado y estableciendo estándares de calidad en los contratos.
- **Monitoreo y evaluación:** se establece un esquema de seguimiento y monitoreo, incluyendo el intercambio de información sobre el funcionamiento de las unidades, con prioridad en el estado de baterías, carga y rendimiento; y en el equipo eléctrico, sobre el consumo y estado de cargadores.

### 3.7.6. Consideraciones generales

Es importante que el IMOVE gestione, defina y coordine las tareas acordes a las necesidades y requerimientos del proyecto, entre las que destacan:

- **Gestión de los recursos con apoyo del gobierno federal.** Las gestiones con el PROTRAM pueden requerir gran esfuerzo en materia técnica, dado que hay un proceso de revisión técnica y de viabilidad financiera, con un modelo financiero sólido y de requisitos. Es relevante que el IMOVE empate los tiempos de esta gestión con los del proyecto de manera integral.

- Gestión con CFE. Las gestiones para la realización de las obras y recursos para generar las condiciones para conectar los patios de resguardo deberán realizarse de manera eficiente y con la prioridad que se requiere. La CFE tiene un gran número de gestiones que realizar, pero el IMOVE deberá gestionar la solicitud a la CFE de manera definitiva, para generar las mejores condiciones de la proveeduría de infraestructura y energía, acorde a las tarifas que deriven de esta solicitud en función de la región y zona.
- Marco normativo del IMOVE y del Estado en materia de movilidad. El IMOVE deberá, previo a la realización del proyecto, gestionar y ejecutar la gestión de la normativa, a través de la Ley de Movilidad reformada, que genere las condiciones de concesionamiento con un nuevo modelo de gestión para los concesionarios, y que garantice las condiciones que requieren para el nuevo modelo de operación y gestión del servicio, contemplando la inversión que requiere la adquisición del nuevo parque vehicular.



## 4. Conclusiones y recomendaciones

### Diseño operacional

- Se propusieron tres servicios ordinarios para los corredores Kabah y Zona Hotelera, diseñados para cubrir ambos corredores sin necesidad de transbordos.
- Asimismo, se plantea una operación con mayor frecuencia en el tramo donde convergen la mayor parte de rutas que, según datos de los estudios, es el tramo de mayor ocupación.
- El planteamiento de un sistema de alimentación a las troncales es importante tanto en términos de servicio como financieros.
- Es crucial incluir en los estudios la demanda y los posibles servicios que conectarán a la estación Aeropuerto Cancún del Tren Maya, ajustando la oferta de flota y servicios a las necesidades reales.
- Es necesario calcular los polígonos de carga de los servicios propuestos, ya que los estudios actuales solo consideran los volúmenes de diseño (SMD) de los corredores.
- Los horarios de operación deben redefinirse, ya que los estudios actuales solo abarcan de 6:00 a 22:00 hrs, omitiendo una alta demanda observada después de las 22:00 hrs en la Zona Hotelera.
- El proyecto generará una mejora significativa al reducir en un 71% la flota vehicular de transporte público, contribuyendo a una mejor circulación en las vialidades de la ciudad.
- Los nuevos servicios deben minimizar los transbordos, ya que el sistema actual de rutas radiales en Cancún conecta periferias a través del centro, mientras que la propuesta de corredores plantea terminales que podrían aumentar los transbordos.
- Los estudios actuales son de prefactibilidad y deben complementarse en la fase de inversión con análisis más detallados de la demanda, fundamentales para el dimensionamiento de flota e infraestructura, estimación de costos operativos y viabilidad financiera y operativa del proyecto.

### Patios de recarga

- El éxito de una solución de recarga para flotas de vehículos eléctricos radica en la capacidad de integrar elementos exógenos y decisiones internas dentro de un sistema cohesivo. La evaluación temprana de limitaciones de espacio, energía y operaciones permite tomar decisiones informadas que garantizan la sostenibilidad y eficiencia del proyecto a largo plazo.

### Obra Civil Diseño Conceptual

El estudio del diseño conceptual de obra civil para los patios de recarga de autobuses eléctricos en Benito Juárez, Quintana Roo, concluye en lo siguiente:

- **Viabilidad de Ubicaciones:** Las ubicaciones propuestas (Terminal Sur y Terminal Km 0) son técnicamente viables debido a su accesibilidad, conectividad y cercanía a

subestaciones eléctricas, lo que reduce costos de infraestructura.

- **Diseño Óptimo:** El diseño de los patios maximiza la funcionalidad al considerar dimensiones de autobuses, radios de giro, flujos de circulación y seguridad, minimizando tiempos de espera e inactividad.
- **Cumplimiento Normativo:** El proyecto cumple con normativas nacionales y locales, garantizando seguridad y viabilidad legal.
- **Necesidad de Estudios Adicionales:** Se recomienda realizar estudios topográficos y geotécnicos para optimizar la construcción de cimentaciones, sistemas de drenaje y movimientos de tierra. **Estudios de Detalle:** Realizar estudios topográficos, geotécnicos y de servicios públicos para evaluar el suelo, infraestructura subterránea y gestión de aguas pluviales antes del diseño de ingeniería.
- **Seguridad Integral:** El plan incluye videovigilancia, control de acceso, detección de incendios e iluminación adecuada, asegurando un ambiente seguro para trabajadores y usuarios.
- **Diseño de Ingeniería de Detalle:** Elaborar planos, especificaciones técnicas y presupuestos detallados para obra civil, instalaciones eléctricas y sistemas de seguridad.
- **Implementación Gradual:** Ejecutar el proyecto en fases, comenzando con la Terminal Sur y optimizando en función de la evaluación inicial antes de proceder con la Terminal Km 0.
- **Gestión de Riesgos:** Implementar un plan integral que contemple riesgos desde el diseño hasta la operación de las electroterminales.
- **Monitoreo y Evaluación:** Establecer un programa continuo para evaluar el rendimiento, eficiencia energética y confiabilidad del sistema, resolviendo problemas operativos.
- **Colaboración Interinstitucional:** Mantener una comunicación fluida con IMOVEQROO, CFE y autoridades locales durante todas las fases del proyecto.

#### Factibilidad de Modelos de Financiamiento

- La transición a la electromovilidad enfrenta altos costos iniciales en flota e infraestructura, lo que requiere modelos de negocio innovadores y mecanismos de financiamiento integrales para garantizar su viabilidad.
- La planificación, construcción y operación de proyectos de movilidad eléctrica deben abordarse con un enfoque estratégico para asegurar su éxito financiero, operativo y sostenible.
- Las fuentes de financiamiento incluyen el sector público, banca de desarrollo, organismos internacionales y el sector privado, ofreciendo opciones adaptadas a las necesidades y características de cada proyecto.

- El éxito del proyecto depende de una combinación adecuada de financiamiento público y privado, aprovechando las fortalezas de cada sector para superar limitaciones económicas, administrativas y operativas.
- Nafin facilita la renovación de flotas mediante incentivos como bonos de chatarrización y créditos preferenciales, promoviendo la adopción de vehículos eléctricos.
- FONADIN, a través del PROTRAM, aporta experiencia en la financiación de transporte masivo, adaptable a proyectos de transporte eléctrico.
- Los modelos de asociaciones público-privadas (APP) son fundamentales para compartir riesgos, maximizar recursos y fomentar la inversión privada en proyectos de transporte eléctrico.
- Se recomienda un análisis técnico exhaustivo para dimensionar correctamente la flota, la inversión en infraestructura y los costos operativos en proyectos de electromovilidad.
- Es crucial combinar recursos de Nafin, FONADIN, banca comercial, organismos internacionales y sector privado para maximizar el impacto financiero y viabilizar los proyectos, especialmente en un contexto de recursos limitados.
- Dado que los mecanismos de Nafin y FONADIN pueden ser lentos, se sugiere buscar su apoyo técnico en la planificación.
- Además, se deben aprovechar fondos climáticos y asistencia técnica de organismos multilaterales como el BID y el Banco Mundial para fortalecer las iniciativas.

### **Modelo de Negocio**

- La creación de un fideicomiso es esencial para la administración transparente y eficiente de los recursos financieros del sistema de transporte público, permitiendo gestionar ingresos y destinarlos al mantenimiento, operación y financiamiento de empresas operadoras, garantizando la sostenibilidad operativa.
- Es necesario crear un Organismo Público Desconcentrado (OPD) o fortalecer al IMOVEQROO para regular y administrar el sistema de transporte, aportando certeza al fideicomiso y al modelo de negocio.
- El fideicomiso debe cumplir con las normativas locales, estatales y federales, observando los derechos, obligaciones y condiciones de todas las partes involucradas (fideicomitente, fiduciario y fideicomisarios).
- Es fundamental implementar mecanismos efectivos para garantizar la rendición de cuentas, prevenir el uso indebido de recursos y aumentar la confianza pública.
- Establecer tarifas justas que sean sostenibles y accesibles para los usuarios, evitando una carga excesiva para los contribuyentes.
- Elegir una institución fiduciaria con experiencia en gestión de fondos para transporte e infraestructura, garantizando su independencia y compromiso con los objetivos del fideicomiso.
- Asegurar que las empresas operadoras comprendan su función en el fideicomiso y cuenten con incentivos claros para cumplir con sus obligaciones.

- Ampliar las fuentes de ingresos del fideicomiso mediante tarifas, subsidios gubernamentales, ingresos por publicidad y aportaciones del sector privado.
- Implementar sistemas de recaudo, monitoreo y control financiero seguros, escalables e interoperables.
- Crear un comité de supervisión compuesto por representantes gubernamentales, operadores, sociedad civil y expertos en transporte.

### Modelo Financiero

Las marcas chinas lideran el mercado de autobuses eléctricos, destacándose por su amplia capacidad para atender las necesidades del sector en México. Este liderazgo resulta especialmente relevante para el proyecto planteado en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

En cuanto a la configuración del parque vehicular, la elección de capacidades de batería mixtas responde a una combinación de necesidades técnicas, operativas y económicas. La adquisición de unidades con baterías dimensionadas permite optimizar tanto la inversión inicial en CAPEX como los costos de sustitución a futuro. No obstante, el IMOVE podría considerar la viabilidad económica del proyecto para estandarizar los paquetes de baterías según el tipo de unidad. Esta medida, aunque conlleva un mayor gasto inicial, podría simplificar la operación y mejorar la flexibilidad en el largo plazo.

### Recomendaciones

- Para el parque vehicular, recomiendan los siguientes puntos:
- Selección de marcas y capacidad de baterías. Con base en el análisis de benchmarking, se recomienda priorizar marcas de autobuses eléctricos con mayor capacidad de baterías, como Scania, Yutong y BYD, que cumplen con las condiciones operativas de recorridos largos (superiores a 270 kilómetros) y el uso intensivo de aire acondicionado. Es fundamental validar los costos y la eficiencia energética de estos productos para definir escenarios precisos del monto de inversión requerido.
- Unidades con Norma de protección IP68. Dado el clima húmedo y las condiciones de inundaciones en el municipio, se sugiere que las unidades cumplan con la norma IP68. Esta certificación asegura protección total contra la entrada de polvo y agua, permitiendo que los dispositivos electrónicos resistan inmersión a más de 1 metro de profundidad por más de 30 minutos, garantizando un mejor desempeño en condiciones extremas.
- Optimización del sistema de aire acondicionado. Es necesario incluir en los lineamientos técnicos del IMOVE especificaciones para el funcionamiento del aire acondicionado. Este debe regularse según la temperatura interna de la unidad y las ocupaciones diarias, optimizando así el consumo energético en función de la demanda a lo largo del día.
- Condiciones de garantía y especificaciones técnicas. La garantía promedio en el mercado actual es de 8 años; sin embargo, existen tecnologías emergentes con ciclos de vida más largos. Se recomienda que el IMOVE establezca lineamientos claros sobre las

especificaciones técnicas de las baterías, incluyendo los términos de garantía, exclusiones y cuidados requeridos por los fabricantes, asegurando que las condiciones se alineen con las mejores prácticas del mercado. Respecto al chasis y la carrocería, se recomienda que sea de 15 años, periodo de vida útil de la unidad.

### Hoja de Ruta

El estado actual del transporte público en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, enfrenta desafíos significativos para la transición hacia corredores eléctricos. Para lograr una implementación exitosa del proyecto, es necesario atender las siguientes áreas clave:

- **Gestión de recursos y apoyo gubernamental:** la participación activa del Gobierno del Estado es crucial para obtener los recursos necesarios, desarrollar la infraestructura eléctrica, y respaldar negociaciones con la CFE, facilitando la modernización del parque vehicular y mejorando la calidad del servicio.
- **Planificación de infraestructura:** es imprescindible sincronizar la construcción de la infraestructura eléctrica con las operaciones de las empresas concesionarias y el IMOVE, asegurando el cumplimiento de plazos y condiciones establecidas en los contratos, y minimizando riesgos de retrasos.
- **Pruebas de unidades eléctricas:** se deben realizar pruebas en condiciones reales, considerando los factores climáticos de Quintana Roo, como la alta humedad y la salinidad, para garantizar el rendimiento adecuado de las unidades, especialmente en sistemas críticos como el aire acondicionado y materiales resistentes a la corrosión.

La transición hacia un transporte eléctrico eficiente en Benito Juárez requiere una estrategia integral, una estrecha coordinación entre IMOVE, concesionarios y la CFE, y un manejo efectivo de los aspectos técnicos y financieros. Estos esfuerzos asegurarán la viabilidad y sostenibilidad del proyecto.



[www.e-mobilitas.com](http://www.e-mobilitas.com)