

RESUMEN
EJECUTIVO

LINEAMIENTOS PARA EL

MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA

DEL TRANSPORTE TERRESTRE EN MÉXICO

VISIÓN 2021 – 2050



GOBIERNO DE
MÉXICO

COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTE

DIRECCIÓN GENERAL DE AUTOTRANSPORTE FEDERAL

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

AGENCIA REGULADORA DEL TRANSPORTE FERROVIARIO

Documento elaborado en México, entre abril del 2021 y marzo del 2023.

Deslinde de responsabilidad

Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones expresadas en este documento están basados en la metodología y recopilación de insumos facilitados por la GIZ México y sus consultores. No obstante, la GIZ México no puede ser responsable del contenido de este documento, ni garantiza la precisión o integridad de la información por errores, omisiones o pérdidas que surjan de su uso.



Contexto

A partir del siglo XX, la tecnología ha sido, cada vez más, un factor determinante en el desarrollo social y económico de los gobiernos y empresas. En consecuencia, la planeación estratégica se ha convertido en una herramienta fundamental para anticipar y hacer frente al acelerado desarrollo científico y tecnológico al que nos hemos enfrentado en las últimas décadas y al que nos afrontaremos en el futuro.

Por tanto, contar con mapas de rutas tecnológicas permite visualizar los retos y obstáculos para proponer acciones que ayudan a superarlos y lograr los objetivos y las metas de la planeación, mediante una correcta gestión de la tecnología.

En este sentido, el subsector del transporte terrestre es estratégico para el desarrollo de México de manera interna y hacia el exterior, a través de sus relaciones comerciales. Uno de los principales impulsores es el cambio tecnológico que se da cada vez más rápido debido a la tasa de innovaciones asociadas a la transición tecnológica.

Por otra parte, para identificar objetivos estratégicos que marcaron la ruta del desarrollo tecnológico de los vehículos, la infraestructura y las operaciones del transporte terrestre de carga y pasajeros, con el propósito de establecer acciones que guíen el desarrollo, se articuló un grupo de trabajo, en cual participaron:

- » Dirección General de Autotransporte Federal (DGAF)
- » Agencia Reguladora de Transporte Ferroviario (ARTF)
- » Instituto Mexicano del Transporte (IMT)



Transporte Carretero



Transporte Ferroviario



Transporte Aéreo



Transporte Marítimo



Transporte Intermodal

Este último como brazo técnico de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), bajo la guía metodológica y sistematización de insumos de la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ) en México, en el marco de la colaboración bilateral “Programa de Transporte Sustentable” entre el Gobierno de México y el Gobierno de Alemania.

Alcances

El presente documento expone los Lineamientos para el **Mapa de Ruta Tecnológica del Transporte Terrestre (MRT-TT) en México**. Un mapa de ruta tecnológica que explícitamente busca trazar una serie de líneas de acción estratégicas y prioritarias bajo las cuales se pretende llevar a cabo una transición tecnológica en un sector específico, en un entorno concertado entre el gobierno, la industria, la academia y la sociedad.

El objetivo principal del MRT-TT en México es promover una transición tecnológica para la integración de los diferentes modos de transporte, la eficiencia operativa y energética, la innovación y la modernización del transporte terrestre en México.

Esta transición tecnológica comprende la transformación del transporte terrestre en México en un sistema moderno, eficiente, integrado, sostenible y competitivo, que permitirá ofrecer al pueblo mexicano los siguientes cobeneficios:

- » Eficiencia en el transporte de pasajeros y mercancías que aumenten la competitividad nacional y regional.
- » Mejoras en la seguridad vial carretera y ferroviaria, reflejadas en la reducción de accidentes.
- » Apoyo a la innovación en la robusta industria automotriz mexicana y en las cadenas de valor del sector productivo.
- » Sostenibilidad ambiental aportando a la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y material particulado en las actividades de movilidad ciudadana y desplazamiento de carga, beneficiando no solo al cumplimiento de metas climáticas, sino de salud pública del Estado mexicano.
- » Mayor sostenibilidad y seguridad energética en México.

Para poder alcanzar este objetivo y sus cobeneficios, se proponen unos lineamientos que comprenden tres **líneas de acción estratégica**:

1. Acciones para la transformación
2. Acciones para la integración
3. Acciones para impulsar el desarrollo competitivo

Se han propuesto unos **lineamientos para la construcción del Mapa de Ruta Tecnológica** enfocado en este grupo de acciones estratégicas las cuales se presentan a corto, mediano y largo plazos. Estas han sido analizadas en cuanto a su alineación, estrategias y metas globales y nacionales, así como en los pilares del transporte terrestre que deben aplicarse.

Además, fueron evaluadas para poder establecer su precedencia y prioridad de ejecución, y dar una pauta para la construcción de metas y objetivos específicos bajo los cuales deben crearse marcos de política pública y condiciones habilitantes a la transición tecnológica deseada.

A continuación, se presenta el resultado del ejercicio de construcción de los lineamientos del MRT-TT en México.

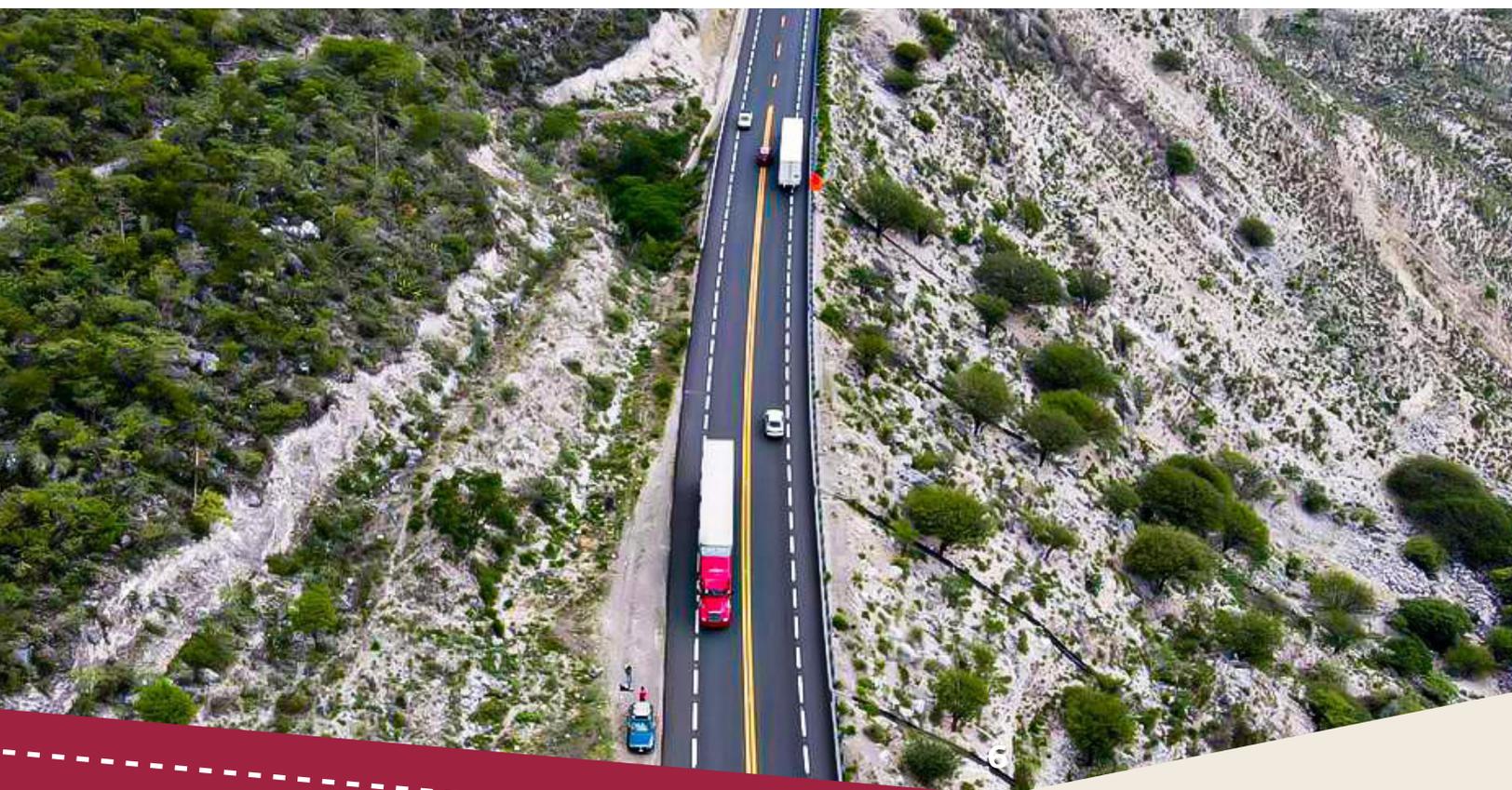


Figura 1

Esquema del Mapa de Ruta Tecnológica del Transporte Terrestre en México (simplificado)

Alineación con estrategias y metas

- | | |
|--|--|
| <p>Nacional</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meta de reducción del 50% en accidentes viales. | <ul style="list-style-type: none"> • Meta de infraestructura carretera del 65% en estado bueno y regular al 90%. |
| <p>Global</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entrada en vigor del límite de emisiones de GEI en autotransporte Federal en el T-MEC. | <ul style="list-style-type: none"> • Meta de generación del 35% de la energía eléctrica con fuentes limpias. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Se orienta a favorecer proyectos de infraestructura que impulsen la idea de “Manejar menos y caminar más” (Drive less, walk more). • En la Unión Europea el 30% de la carga en distancias promedio de 300 km usando el ferrocarril. • Se espera una mayor participación de tecnología autónoma en la entrega de paquetes en zonas controladas –por ejemplo, barrios cerrados– vía robots y en zonas remotas a través de drones. | <ul style="list-style-type: none"> • Planea incrementar la capacidad de producción de hidrógeno a 5 GW para 2030 y 10 GW para 2040. • Se ejecuta el compromiso de que todos los automóviles nuevos que se vendan en el mundo a partir de 2040 sean cero emisiones. • Se proyectan inversiones para el desarrollo de proyectos aeroportuarios que complementen la capacidad del transporte en su conjunto. • Se proyecta el pico de emisiones de GEI en trenes rápidos y de alta velocidad que después tenderá a reducirse. |

Oportunidades en México

Acciones para la transformación		Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo
	Creación de un observatorio del transporte terrestre en México	✓		
	Establecimiento de clúster y redes	✓	✓	✓
	Planeación estratégica de gran visión del transporte	✓	✓	✓
	Fortalecimiento de la coordinación interinstitucional a nivel gubernamental	✓	✓	✓
	Rediseño de los procesos para la actualización de regulaciones	✓	✓	✓
Acciones para la integración				
	Automatización de terminales intermodales, puertos secos, terminales y operaciones de transvase	✓	✓	✓
	Priorización del uso eficiente y efectivo de la tecnología disponible	✓		
	Modernización de los sistemas de seguimiento de mercancías	✓	✓	✓
Acciones para impulsar el desarrollo competitivo				
	Mejoramiento de la eficiencia en la tecnología existente	✓		
	Implementación de un sistema BIM en el transporte terrestre nacional		✓	✓
	Homologación tecnológica con los socios comerciales del T-MEC	✓	✓	
	Educación tecnológica en materia de transporte	✓	✓	✓
	Integración de cadenas de valor agregado en el sector transporte		✓	✓

Ver Anexo al final del documento.

Para poder desarrollar estas líneas estratégicas, se ha contemplado analizar esta transición tecnológica del transporte terrestre en México a través del concepto de perspectiva multinivel.

La perspectiva multinivel se denomina así porque identifica **tres niveles sociotécnicos**:

- » **El panorama.** Representa las tendencias a nivel macro (económicas, ambientales, culturales, políticas, normativas, regulatorias, entre otras) e identifica las condiciones habilitantes y barreras contextuales para el desarrollo de una transición tecnológica (Whitmarsh, 2012).

Este enfoque se ha preferido porque comprende no solo el aspecto técnico, también incluye la relevancia de la representación de actores sociales y sus interacciones para poder generar cambios en la adopción de nuevas tecnologías en el transporte terrestre en México.

- » **Régimen sociotécnico.** Comprende las instituciones y tecnologías dominantes del sector y está compuesto por varias dimensiones:

- a. Tecnologías dominantes en uso
- b. Dinámicas del mercado y prácticas de los usuarios
- c. Política sectorial vigente referente a transporte terrestre
- d. Redes industriales (organizaciones gremiales, operadores, proveedores de tecnología, etc.)
- e. Cultura y relación simbólica que tienen los usuarios con el sistema
- f. Redes de desarrollo y transferencia de conocimientos científicos y técnicos
- g. Infraestructura

El régimen se podría entender como el estado actual del transporte terrestre en México con sus múltiples dimensiones, como las ya mencionadas.

- » **Nichos sociotécnicos.** En estos es donde surgen las innovaciones tecnológicas, y están compuestos por actores e innovaciones tecnológicas que buscan ser parte del régimen. Una vez que hacen

su transición para ser parte del régimen, aprovechando las ventanas generadas desde el paisaje, es que se produce una transición tecnológica que se manifiesta como una nueva configuración del régimen sociotécnico.

Cuando la innovación tecnológica ha logrado irrumpir y escalar, termina influenciando y moldeando aspectos macro del panorama.

Una transición tecnológica ocurre cuando existe una reconfiguración del régimen sociotécnico en donde las innovaciones tecnológicas que antes formaban parte del nicho sociotécnico ahora tienen un papel en la dimensión tecnológica del régimen. Esto se da cuando el régimen recibe presiones del desarrollo del panorama a través de condiciones macro.

Estas condiciones macro pueden ser, por ejemplo:

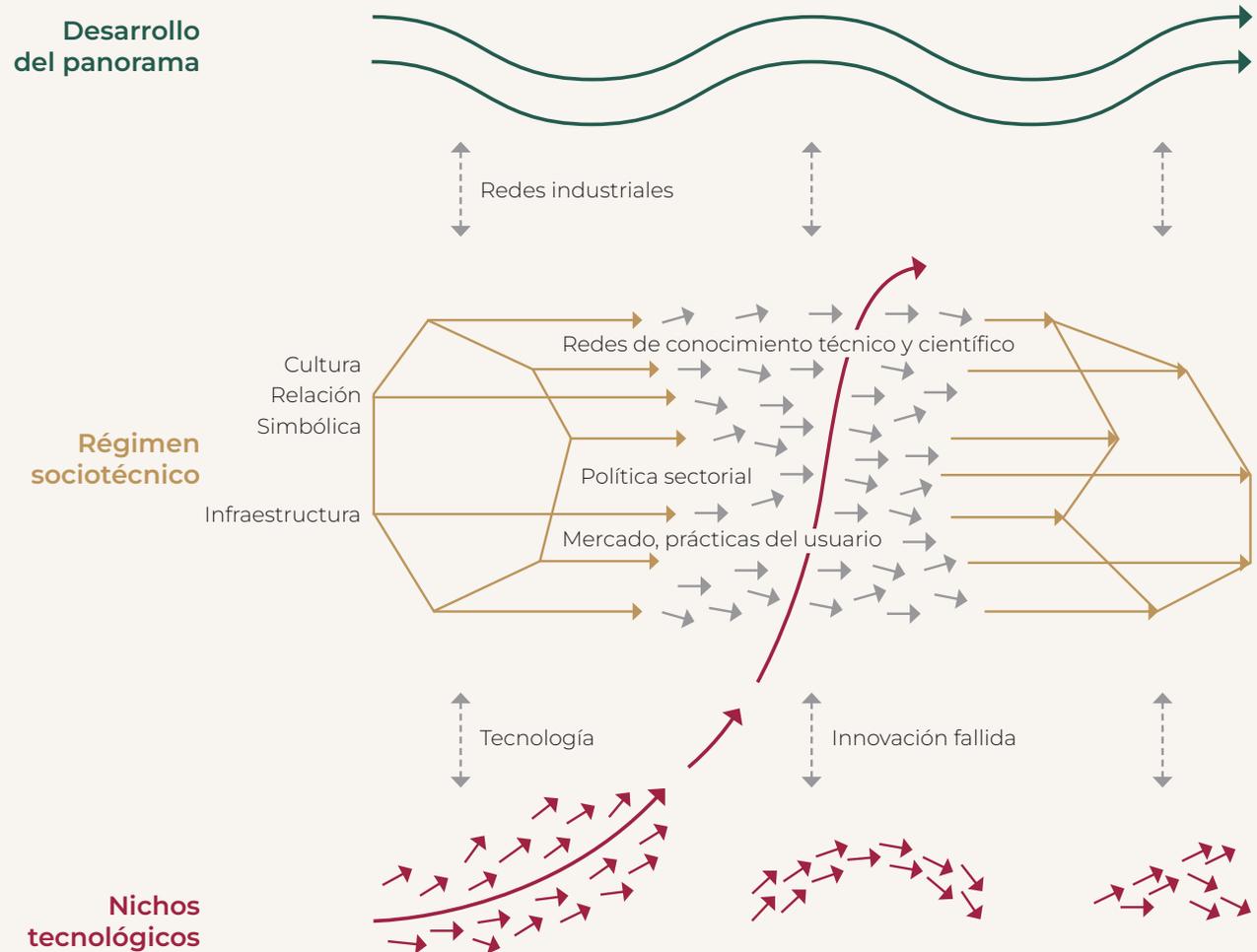
- » Compromisos climáticos internacionales
- » Lineamientos de política general como los consignados en el Plan Nacional de Desarrollo
- » Política sectorial como el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes
- » Leyes, decretos y otros instrumentos regulatorios y normativos de carácter general

Este tipo de presiones crean ventanas de oportunidad dentro del régimen para que nuevos actores e innovaciones tecnológicas entren a ser parte del régimen.

La siguiente figura explica de manera gráfica las dinámicas que comprende una transición tecnológica concebida desde la perspectiva multinivel, la cual ha sido utilizada para establecer los lineamientos del MRT-TT en México.

Figura 2

Dinámicas de una transición tecnológica desde la perspectiva multinivel



Fuente: Adaptado de Geels, F. W. *Technological transitions as evolutionary reconfiguration* (2022).

Este documento busca dar unos lineamientos y recomendaciones de líneas de acción para los tomadores de decisiones y formuladores de política, bajo las cuales pueden abrirse esas ventanas de oportunidad para la adopción de las nuevas tecnologías en el transporte terrestre en México.

Bajo el enfoque propuesto, el documento está dividido en tres partes.

1. **Situación actual del transporte terrestre en México**, dando una idea de la configuración tecnológica actual del régimen sociotécnico del transporte terrestre en México.
2. **Visión prospectiva** de las tendencias predominantes en el mundo y del advenimiento de las tecnologías emergentes en el contexto nacional, mostrando el estado de las innovaciones dentro del nicho sociotécnico del transporte terrestre.
3. **Lineamientos del Mapa de Ruta de Transición Tecnológica** a través de las líneas de acciones estratégicas:
 - a. Acciones para la transformación
 - b. Acciones para la integración
 - c. Acciones para impulsar el desarrollo competitivo

Se pretende que estas acciones estratégicas sean las que, desde el paisaje, permitan crear ventanas de oportunidad para los actores y las tecnologías que hacen parte del nicho. No solo se enfoca en crear ventanas de oportunidad para las innovaciones y tendencias tecnológicas actuales sino también para las que estén por venir.

Por otra parte, se espera que estas acciones puedan crear las ventanas de oportunidad y condiciones habilitantes suficientes para la transición de las innovaciones hacia el régimen, transformando tecnológicamente el transporte terrestre en México.



Situación del transporte terrestre en México | RÉGIMEN SOCIOTÉCNICO

Este capítulo expone el estado actual del transporte terrestre en México. Sobre todo, se muestra el estado actual de la dimensión tecnológica del régimen sociotécnico del transporte terrestre enfocándose en **tres áreas primordiales**:

1. El autotransporte
2. El transporte ferroviario y la operación del transporte terrestre
3. La infraestructura multimodal y del intercambio logístico

En el **autotransporte** se analizan tres sectores primordiales que son:

- a. La infraestructura carretera, donde se hace un breve recuento de la infraestructura existente, su estado y los índices de accidentalidad y seguridad vial.
- b. Los vehículos de transporte de pasajeros, donde se hace una exposición del parque vehicular que lo compone, sus características y los energéticos asociados con su consumo.
- c. El transporte de carga carretero, donde se presenta su estado actual de operación, la flota que lo compone, los principales combustibles o energéticos consumidos y algunos temas de la estructura del mercado de este tipo de vehículos en México.

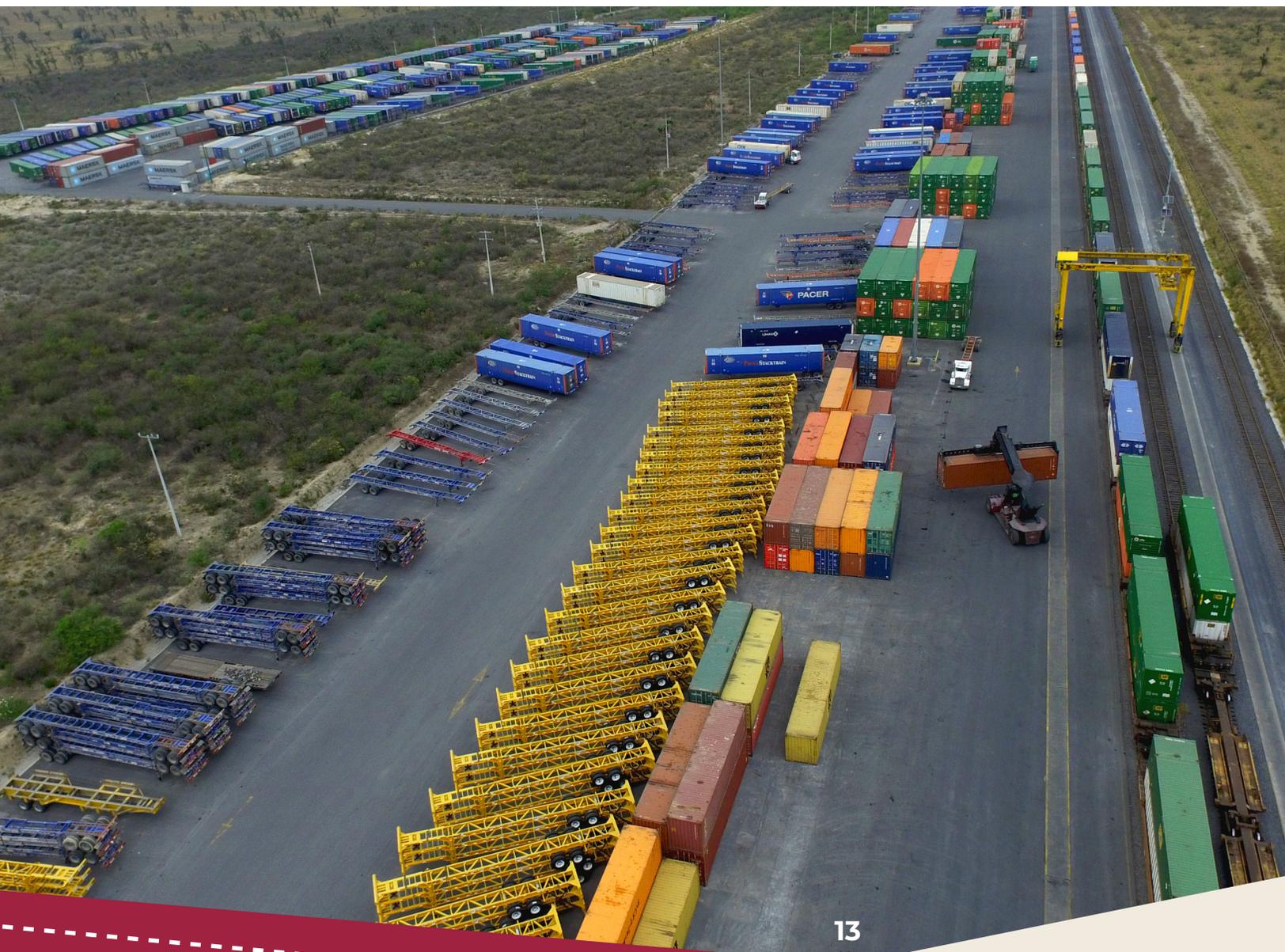
En el **transporte ferroviario** se presentan:

- a. La infraestructura ferroviaria con sus características, estado funcional y datos de operación e inversiones.
- b. El transporte ferroviario de pasajeros con sus características y datos de manufactura de este tipo de vehículos.

- c. El transporte ferroviario de carga, en el cual se exponen sus características técnicas y algunas características de operación y desempeño.

Por último, se incluye una sección de **operación del transporte terrestre, de la infraestructura multimodal y del intercambio logístico**. En este apartado se exponen indicadores y características de todo el sector logístico en México donde se engloba el estado actual del transporte intermodal y de la operación logística en el país.

Finalmente, se describen algunos retos asociados con el desarrollo de una logística de transporte integrado e intermodal que sea moderno, sostenible y eficiente, como lo pretende el MRT-TT.





Tendencias tecnológicas en el transporte | NICHO SOCIOTÉCNICO

Este capítulo busca recopilar una serie de elementos de innovación tecnológica que forman parte del nicho sociotécnico descrito en la perspectiva multinivel. Este nicho recoge aquellas tecnologías e iniciativas de innovación que podrían tener una aplicación potencial en el régimen sociotécnico del transporte terrestre, al generarse condiciones habilitantes y ventanas de oportunidad desde el nivel de panorama.

Para efectos de clasificación, estas innovaciones tecnológicas identificadas y presentadas se dividen en tres tendencias:

- » **Cibernética de las operaciones.** Dentro de la cibernética de las operaciones se habla de cuatro tendencias o innovaciones principales:
 1. Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés - *Internet of things*)
 2. *Big Data*
 3. Inteligencia artificial (IA)
 4. *Blockchain*

Estas innovaciones o tendencias ofrecen ventajas a la hora de mejorar la eficiencia en la planeación y operación del transporte terrestre tanto de pasajeros como de mercancías.

- » **Vehículos autónomos y robóticos.** Estas innovaciones se refieren a los vehículos de transporte ferroviario y autotransporte que cuentan con tecnología de asistencia en la conducción desde autónoma hasta automatización completa o piloto automático.

Dichas innovaciones ayudarán a mejorar procesos de operación y reducción de accidentes. Asimismo, tecnologías como el platooning en el transporte de carga no solo permitirán evitar accidentes y contar con una operación más eficiente, también promoverán una operación de los activos más frecuente, lo que reduce los tiempos de retorno de la inversión y mejora los tiempos de entrega haciendo todo el sistema más competitivo.



» **Tecnologías de alimentación y eficiencia energética.** Esta sección expone la infraestructura para la generación, transporte y suministro de energéticos para impulsar a los vehículos cero emisiones.

En el caso de los vehículos eléctricos *Battery Electric Vehicle* y los híbridos enchufables *plug-in hybrid electric vehicle* se incluye la infraestructura eléctrica desde la generación, hasta la distribución y los puntos de carga. Igualmente, se incorporan los elementos de almacenamiento de energía como las baterías y los tanques de almacenamiento en el caso de hidrógeno y biocombustibles.

En el caso de los vehículos de celda de combustible (FCEV, por sus siglas en inglés - *Fuel Cell Electric Vehicle*), comprende las cadenas de valor desde la producción de hidrógeno verde (aquel producido vía electrólisis, utilizando electricidad generada por fuentes renovables de energía) hasta su transporte, almacenamiento y abastecimiento en hidrogeneras o estaciones de recarga de hidrógeno (HRS, por sus siglas en inglés - *Hydrogen Recharge Station*).

Estas tecnologías apuntan a la reducción de emisiones de GEI, material particulado y la transición hacia un transporte sostenible.

La implementación de estas nuevas tecnologías es necesaria en los distintos modos de transporte para resolver la necesidad de transportar personas y mercancías de manera eficiente, segura y sostenible.

Particularmente, las tendencias de los avances tecnológicos impactan en cuatro pilares específicos:



A continuación, se presenta un resumen de las **tendencias tecnológicas** y cómo estas pueden aplicarse o implementarse en cada uno de los pilares del transporte terrestre.

Figura 3

Relación que tienen las tendencias tecnológicas con los pilares descritos del transporte terrestre

		TENDENCIAS TECNOLÓGICAS															
Pilares del transporte terrestre		La cibernética de las operaciones				Vehículos automatizados y robóticos				Tecnologías de la alimentación							
		Inteligencia Artificial	Blockchain	Internet de las cosas (IoT)	Big Data	Conducción asistida	Automatización parcial	Automatización condicional	Alta automatización	Automatización completa	Platooning	Tecnologías combustión interna	Tecnologías de electromovilidad	Tecnologías híbridas	Tecnologías de hidrógeno	Eficiencia energética fuera del motor	Tecnologías en materiales de fabricación
Vehículos	Logística	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Operación	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Infraestructura	Operación	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Logística	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia.



Acciones estratégicas del Mapa de Ruta Tecnológica | DESARROLLO DEL PANORAMA

Para lograr una transición tecnológica exitosa, se requiere abrir ventanas de oportunidad dentro del régimen sociotécnico a través de presiones desde el panorama o en las condiciones macro del país.

Toda transición tecnológica inherentemente plantea incorporar o integrar ese tipo de tecnologías dentro del Sistema de Innovación Nacional (SIN), el cual está ligado a cuatro subsistemas:

1. Político y de marco regulatorio
2. Educación e investigación
3. Intermediación y transferencia tecnológica
4. Productivo

Dentro del SIN, el subsistema político y de marco regulatorio es transversal y crea las condiciones propicias para el funcionamiento adecuado de los otros tres subsistemas, sin embargo, la interconexión y la interdependencia entre todos los actores que integran los SIN son críticas. Estos actores incluyen a todos los actores de la cuádruple hélice: gobierno, academia, sector privado y sociedad civil (Salazar, 2019).

Figura 4

Los cuatro subsistemas de los SIN



Fuente: *Sistema de Innovación Nacional* (Salazar, 2019).

Este documento propone **tres líneas de acción estratégicas** que deben ser ejecutadas por los diferentes subsectores, pero principalmente desde el subsistema político y de marco regulatorio para poder generar esas presiones que crean las ventanas de oportunidad para que, al incorporar esas innovaciones en el régimen sociotécnico, se genere una reconfiguración del sistema del transporte terrestre, hacia la modernidad, la eficiencia, la seguridad, la sostenibilidad y la competitividad.

Estas líneas estratégicas cuentan con **acciones estratégicas específicas** que fueron evaluadas según su impacto en los objetivos del mapa de ruta tecnológica y su costo o dificultad de implementación. Este costo o dificultad de implementación no solo contempla la dimensión económica o financiera, también contempla costos políticos y sociales.

El ejercicio de evaluación ayudó a la priorización de las acciones según su impacto y costo de implementación, de esta manera se construyó un **mapa de priorización para cada línea de acción estratégica**.

A partir de estos mapas fue que se construyó el mapa de ruta presentado en la **Figura 1** donde se establece si la acción debe ser de corto, mediano o largo plazos, y si es precedente o condicional de alguna de las otras acciones.

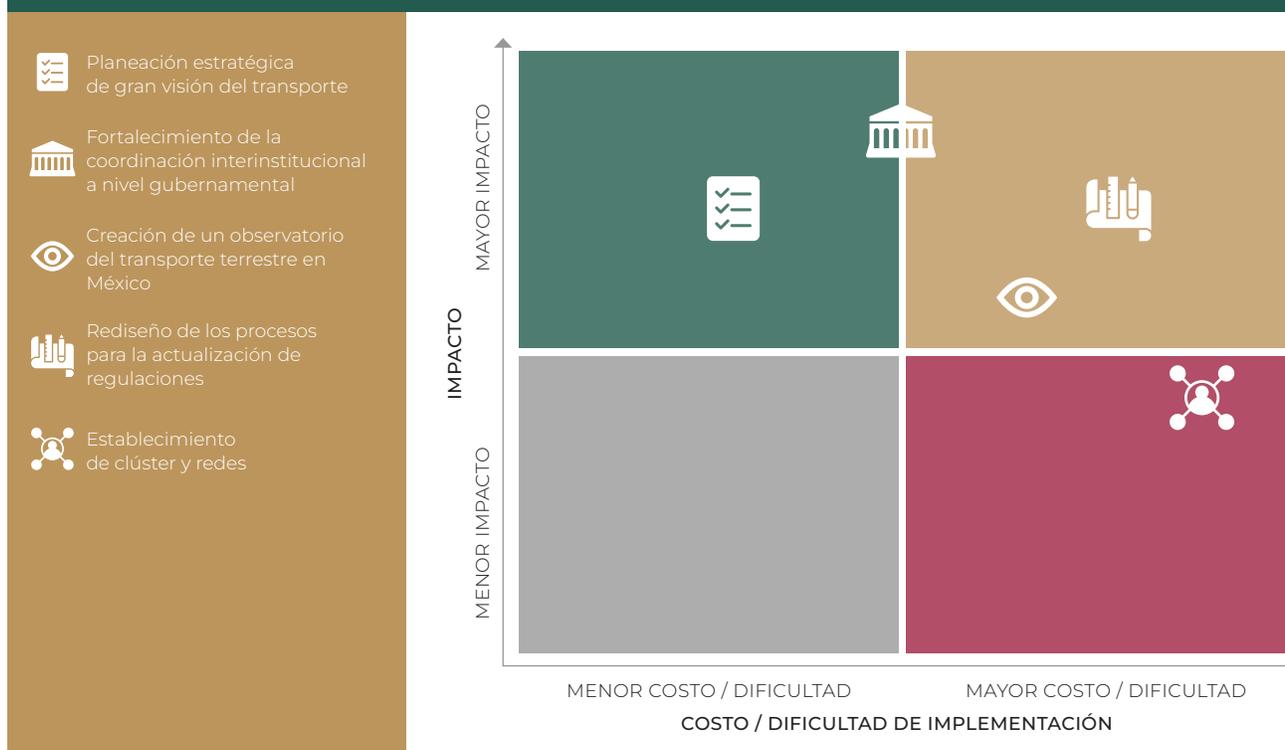
Acciones para la transformación

Dentro de las acciones para la transformación se realizó un **análisis de debilidades, amenazas y barreras** de cada acción propuesta, así como también sus **fortalezas, oportunidades y potenciales de impacto**, siendo un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) simplificado.

Este ejercicio entregó como resultado el siguiente **mapa de priorización**.

Figura 5

Mapa de priorización de las acciones estratégicas para la transformación del transporte terrestre en México



En el mapa de priorización de las acciones estratégicas para la transformación se identificaron dos **acciones** como **prioritarias**: el **fortalecimiento de la coordinación interinstitucional a nivel gubernamental** y la **planeación estratégica de gran visión del transporte**. Estas son prioritarias al tener un mayor impacto con costos asociados más bajos. Se ha valorado que fortalecer la coordinación interinstitucional e intersectorial en el gobierno es lo que desencadena que los demás procesos y acciones sean posibles.



Resulta importante reiterar la relevancia de generar desde el subsector político y de marco normativo las presiones y condiciones adecuadas para que las innovaciones puedan irrumpir en el régimen sociotécnico.

En primer lugar, es importante **fortalecer la coordinación interinstitucional a nivel gubernamental** creando espacios e instancias de gobernanza para promover, evaluar y monitorear el avance de la transición tecnológica.

Asimismo, la **planeación estratégica de gran visión** es la que va a permitir crear los marcos normativos y de política que generarán las condiciones necesarias para la transición tecnológica. Adicionalmente, debe incorporar un enfoque de combinación de políticas o policy mix.

El **policy mix** incentiva “la combinación adecuada de políticas e instrumentos que involucran, igualmente, varios sectores para estimular el desarrollo e integración” de tecnologías dentro del Sistema de Innovación Nacional (Salazar, 2019). Es decir, que la planeación estratégica de gran visión debe incluir en su discusión y formulación la visión de todos los sectores relevantes y de todos los actores de la cuádruple hélice y los subsectores del SIN.

La ejecución exitosa de las dos acciones para la transformación que han sido identificadas como prioritarias dan paso a la acción estratégica del **rediseño de los procesos** para la actualización de regulaciones.

Continuando con el enfoque de policy mix, la **actualización de regulaciones** debe tener en cuenta la combinación de **políticas horizontales y verticales**.



Las **políticas horizontales** son aquellas que buscan impactar una base amplia de sectores y de la economía creando condiciones marco habilitantes para la transición tecnológica dentro de la planeación de gran visión. Estas políticas son más generales y plantean sentar condiciones genéricas a nivel de país, involucrando diferentes actores y sectores.

Las **políticas verticales** se enfocan en sectores y áreas tecnológicas determinadas. Estas pueden ser más específicas del autotransporte o del transporte ferroviario o, inclusive, en la normativa técnica de la aplicación de una tecnología particular (Salazar, 2019). Como puede verse en el mapa de ruta propuesto, esta acción depende de la coordinación institucional y la planeación de gran visión.

Adicionalmente, debe revisarse periódicamente en el corto, mediano y largo plazos para que la regulación permanezca vigente y acorde con los avances y desarrollos tecnológicos que quieren fomentarse e implementarse.

La **creación de un observatorio del transporte terrestre en México** se da más como resultado de una transición tecnológica exitosa hacia un transporte terrestre moderno, eficiente, integrado, sostenible y competitivo. Esto ocurre porque este depende de la calidad y la cantidad de información que pueda recibir, procesar, analizar y reportar. Si no existe la implementación de tecnologías adecuadas para la captura de datos de manera precisa y veraz, su finalidad y propósito se ven seriamente afectados.

Los grandes beneficios, entre otros, que traerá el observatorio se verán reflejados en:

- » Aumento en la seguridad vial
- » Reducción de accidentes
- » Mejoras sustanciales en la calidad de los servicios de transporte, tanto de pasajeros como de mercancías
- » Identificación de elementos de riesgo dentro de la cadena de valor del transporte terrestre



Por último, el **establecimiento de clústeres y redes** tiene un alto costo de implementación por la dificultad de alinear intereses y objetivos de actores independientes que no se rigen bajo visiones estratégicas como sí lo hacen las entidades de gobierno.



Sin embargo, tener comunicación entre los actores que operan en la práctica los distintos sistemas y servicios de transporte terrestre, puede terminar traducándose en grandes avances hacia la integración y la intermodalidad, y generar eficiencias que resultan en alta competitividad no solo para el transporte terrestre, sino para los sectores productivos que dependen de este.

Acciones para la integración

Dentro de las acciones estratégicas para la integración se ha considerado preferente la **priorización por el uso eficiente y efectivo de la tecnología disponible**. Se considera que esta acción tiene un gran impacto, ya que desencadena la planeación y la orientación de los esfuerzos de las acciones de actualización y modernización de las que hablan las otras acciones.



Sin una adecuada priorización del uso efectivo y eficiente de la tecnología actual, es difícil entender qué eslabones de la cadena de valor del transporte terrestre requieren mayor atención en lo que respecta a inversión e implementación de innovaciones tecnológicas.

En el caso de la **automatización de terminales intermodales, puertos secos, terminales y operaciones de transvase** y la **modernización de los sistemas de seguimiento de mercancías**, se considera que son acciones de alto costo e impacto medio que comparten el mismo análisis FODA.



Estas acciones dependen de las inversiones, el financiamiento y la ejecución de proyectos en los eslabones de la cadena de transporte terrestre. Por lo tanto, no representan un impulso a la transición tecnológica del transporte terrestre en México, aunque son una señal del avance de la transición tecnológica en sí.

Por esta razón en el mapa de ruta propuesto se muestran como acciones que dependen de la correcta priorización del uso eficiente y efectivo de la tecnología disponible. Una vez implementadas estas acciones se producirá como beneficio la manifestación de un transporte terrestre integrado, seguro, sostenible, moderno y eficiente.

De igual manera, estas acciones se contempla que inicien en el mediano plazo, ya que dependen de los incentivos y las condiciones habilitantes generadas por las acciones de transformación.

Figura 6

Mapa de priorización de las acciones estratégicas para la integración del transporte terrestre en México



Acciones para impulsar el desarrollo competitivo

Dentro del ejercicio de priorización de las acciones estratégicas para impulsar el desarrollo competitivo pudo identificarse que **integrar cadenas de valor agregado en el sector transporte** es la evidencia de los avances en la transición tecnológica hacia un transporte terrestre moderno, eficiente, integrado, sostenible y competitivo.



Supone un gran costo porque es la sumatoria de los costos asociados a las acciones de transformación e integración de precedentes, así como de las otras acciones para impulsar el desarrollo competitivo. Por esta razón, se presenta como la más tardía en el mapa de ruta propuesto a mediano y largo plazos.

La **homologación tecnológica con los socios comerciales del T-MEC** puede ser complementaria a la acción del rediseño de procesos de actualización de regulación, planteada dentro de las acciones de transformación.



De esta manera, podrán alinearse los compromisos regionales y la normativa técnica con la nueva orientación dada a las políticas y regulaciones que se generen. Sobre todo, debe estar alineado con las políticas verticales que se creen para incentivar el uso de ciertas tecnologías particulares.

La **implementación de un sistema de Modelado de Información de Construcción** (BIM, por sus siglas en inglés - *Building Information Modeling*) en el transporte terrestre nacional es una acción que al generar estándares, metodologías y herramientas que aseguren la calidad de los proyectos tendrá un gran impacto en la transición tecnológica.



Implementar el sistema BIM permitirá asegurar la calidad, lo cual se verá reflejado en una mejora de los servicios de transporte, lo que impactará directamente sobre las condiciones de competitividad de los usuarios y clientes finales.

En toda transición tecnológica, la movilización de conocimiento y la creación de capacidades es primordial y clave para que se dé de manera exitosa. La **educación tecnológica en materia de transporte** es una acción estratégica de suma importancia, ya que dentro del Sistema Nacional de Innovación se involucra el subsistema de educación e investigación el cual está constituido por las instituciones de educación técnica y tecnológica, las universidades y los centros de investigación. El éxito de la ejecución de esta acción radica en la alineación con el sector privado y el mercado.



Poder generar y desarrollar capacidades técnicas y tecnológicas que sean de alto nivel y que suplan las necesidades del mercado laboral es el objetivo principal. Asimismo, es necesario que los programas comiencen a formar profesionales no solo enfocados al autotransporte o al transporte ferroviario, sino que se preparen profesionales con visiones integrales del transporte terrestre y de complementariedad entre los distintos tipos de transporte.

Por último, el **mejoramiento de la eficiencia en la tecnología existente** se considera una acción de costo e impacto medios, ya que es necesario realizar inversiones para actualizar o realizar proyectos de reacondicionamiento o actualización en la tecnología existente.



No obstante, el impacto en la promoción de una transición tecnológica no es mayor, ya que, en esencia, se mantiene la tecnología existente en operación, lo que prolonga los tiempos de adopción de nuevas tecnologías.

Esta acción debe considerarse temporal, ya que puede retrasar los avances y transiciones tecnológicas, a la vez que se destinan recursos que bien podrían ir al financiamiento de proyectos de renovación e innovación tecnológica real. Por esta razón se contempla solo en el corto plazo.

Figura 7

Mapa de priorización de las acciones estratégicas para impulsar el desarrollo competitivo



Construcción del Mapa de Ruta Tecnológica – Funciones del sistema de innovación

Los ejercicios de priorización de las distintas acciones estratégicas han podido revelar la interdependencia de estas, estableciendo un camino de acción para la transición tecnológica del transporte terrestre en México. Hablar de un Mapa de Ruta Tecnológica necesariamente habla de una transición tecnológica y de sistemas de innovación.

Los sistemas de innovación, sean nacionales o específicos de tecnología, tienen una serie de funciones que sirven como indicadores del correcto desarrollo de la transición tecnológica o del sistema de innovación.

Puede entenderse que idealmente un sistema de innovación consi-
gue su propósito principal de lograr la transferencia, implementación
y difusión de tecnología, cumpliendo con el siguiente conjunto de
funciones (van Alphen, Hekkert, & van Sark, 2008) (Hekkert, Suurs, Ne-
gro, Kuhlmann, & Smits, 2007) (van Alphen, Hekkert, & van Sark, 2008):

1. Creación de capacidades adaptativas

Se refiere al desarrollo y fortalecimiento de la capacidad humana,
organizativa e institucional. Las nuevas trayectorias tecnológicas
de una economía implican nuevos retos sociales que requieren de
la capacidad de las personas y las organizaciones para adaptarse
continuamente a las nuevas circunstancias y adquirir nuevas ha-
bilidades.

2. Difusión del conocimiento a través de redes

Los mecanismos de aprendizaje y difusión de conocimiento como
núcleo del proceso de innovación y transición tecnológica.

3. Articulación de la demanda

Dado que los recursos son casi siempre limitados, es importante
que, cuando existan varias opciones tecnológicas, se elijan aque-
llas que sean más factibles y atractivas para las inversiones públi-
cas y privadas. Esta función puede analizarse mediante el mapeo
de los objetivos específicos establecidos por los gobiernos o las
industrias sobre una tecnología determinada.

4. Creación de legitimidad o contrarrestar la resistencia al cambio

Esta función se refiere a los grupos de interés y coaliciones que
promueven las innovaciones, exigen y proponen cambios regula-
torios y normativos para facilitar su adopción.

5. Movilización de recursos

Los recursos, tanto financieros como de capital humano, son necesarios como insumo básico para todas las actividades del sistema de innovación. En el caso de una tecnología específica, es necesaria la asignación de recursos suficientes para hacer posible la implementación de proyectos.

6. Formación de mercados

Es importante crear un espacio protegido para las nuevas tecnologías. Una posibilidad es la formación de nichos de mercado temporales para aplicaciones específicas de una tecnología. Esto puede darse a través de proyectos piloto para validar modelos de negocio y la factibilidad de formación de un mercado.

7. Aparición de actividades empresariales y de emprendimiento

No existe un sistema de innovación sin empresarios y actividades de emprendimiento. Las iniciativas empresariales son esenciales para el buen funcionamiento de un sistema de innovación. Esta acción, precisamente, busca monitorear y evaluar el surgimiento de estas.

Como puede intuirse, todas estas funciones están interrelacionadas, ya que el avance en una va a generar condiciones propicias para el desarrollo en otras. Se ha propuesto como una de las primeras medidas de la transición tecnológica la creación de una Comisión Intersectorial de Transición Tecnológica del Transporte Terrestre.

En este caso, la sugerencia es que **como medida importante se definan indicadores para cada una de las funciones del sistema de innovación** de tal manera que puedan establecerse metas, así como medir y dar seguimiento a los avances de la transición tecnológica del transporte terrestre en México.

En la construcción del Mapa de Ruta Tecnológica se contempló la interseccionalidad de las acciones de transformación con las acciones de integración y las acciones de impulso al desarrollo competitivo. A través de los mapas de priorización ya expuestos, se dio origen al MRT-TT propuesto.

Sin embargo, estos tan solo son los lineamientos, ya que **aún falta incluir algunos elementos específicos de metas e indicadores que permitan orientar de manera puntual el Mapa de Ruta Tecnológica definitivo.**

En el esquema del sistema de innovación, **el subsistema transversal que impacta a todos los demás subsistemas es el político y de marco regulatorio.** Así es como las acciones estratégicas para la transformación son las que sientan las bases de la transición tecnológica, ya que hablan de la creación de políticas y de condiciones habilitantes.

La efectividad de dichas políticas, regulaciones y normativa se verá reflejada en el correcto funcionamiento del sistema de innovación, el cual puede monitorearse o evaluar en su funcionamiento a través de la asignación de indicadores para las funciones presentadas anteriormente.

La visión macro del MRT-TT se obtuvo a través de los ejercicios de priorización, la interseccionalidad de las acciones estratégicas de los diferentes grupos y el desarrollo de las funciones de los sistemas de innovación, todo esto siguiendo las dinámicas de la perspectiva multinivel.

Adicionalmente, se ha incluido el pilar el transporte terrestre que influye, la tendencia tecnológica que incluye y la alineación con estrategias o metas tanto nacionales como globales que deben tenerse en cuenta al momento de establecer metas y objetivos.



Conclusiones y recomendaciones

El documento finaliza con tres recomendaciones puntuales sobre los lineamientos del mapa de ruta tecnológica:

- » **Creación de una instancia de gobernanza.** Se propone la creación de una Comisión Intersectorial de Transición Tecnológica del Transporte Terrestre, donde se establezcan agendas de ejecución de las acciones y objetivos concretos referentes a la transición tecnológica.

Este espacio de gobernanza será el responsable de generar y crear las condiciones adecuadas y las ventanas de oportunidad para que México pueda adoptar más fácilmente nuevas tecnologías. Este espacio debe ser intersectorial y, además de los actores del sector transporte, debe incorporar actores de planeación energética, industria automotriz, comercio y lo que se considere relevante.

- » **Establecer objetivos y metas específicas.** Deben establecerse metas y objetivos claros en cuanto a lo que se pretende lograr con la transición tecnológica. Se recomienda que al establecer objetivos y metas estas no se limiten a los vehículos, sino también incluyan la infraestructura, operación y inclusión de nuevos sectores.

Una vez que se establezcan los objetivos puntuales que quieren alcanzarse con la transición tecnológica, deben fijarse indicadores de cumplimiento o de funcionamiento adecuado del sistema de innovación a través de las siete funciones de estos sistemas.

- » **Revisión sistemática de las tendencias.** Esto resulta prioritario para vigilar la dirección que debe fortalecerse con las proyecciones a lo largo del tiempo. Por tanto, la sistematización de espacios comunes de consulta y referencia es requerida para facilitar y apoyar la toma de decisiones estratégicas.

También se identifican las siguientes consideraciones para tener en cuenta en la construcción del Mapa de Ruta Tecnológica definitivo:

- » **Enfoque climático.** Debe evaluarse si lo que guía primordialmente la transición tecnológica es un enfoque de estrategia climática. Como primera acción, debe estructurarse una estrategia orientada a reducir las emisiones de GEI y otros contaminantes.

Para ello, las acciones estratégicas deben considerar el diagnóstico para identificar las causas y evaluar los límites permisibles e implementar acciones mediante los recursos con los que se cuenta, tales como la elaboración de regulaciones (lineamientos, normas, leyes, manuales, etcétera) que coadyuven a la mitigación y reducción de dichas emisiones; es decir, comenzar a solucionar el problema mediante la reducción y eliminación de viajes no esenciales.

- » **Enfoque holístico.** Siempre debe pensarse en términos de intermodalidad sin priorizar un modo de transporte sobre otro, a menos que haya argumentos técnicos rigurosos que lo sustenten. Igualmente, debe mantenerse no solo un enfoque tecnológico sino sociotécnico, y en todas las dimensiones sociales, económicas y técnicas que comprende el régimen sociotécnico, así como en todos los pilares del transporte terrestre.

- » **Cibernética de las operaciones.** Incluir otros sectores como el informático, de telecomunicaciones y de planeación energética. Exige crear y tener nuevas competencias para poder afrontar los retos que trae la implementación de nuevas tecnologías.

Sin embargo, la cibernética de las operaciones presenta una gran oportunidad para aprovechar las tendencias tecnológicas relacionadas con el manejo de los datos y la información, que apoyan en elevar la eficiencia mediante la trazabilidad de las mercancías y plantando la posibilidad de integrar sistemas de información entre el gobierno y las empresas.

Para lograr la transformación propuesta por estos lineamientos de Mapa de Ruta Tecnológica es fundamental la integración del sistema intermodal del transporte, tanto de carga como de pasajeros. **La tendencia del transporte intermodal será la multimodalidad.**

La estrategia que debe seguirse es:

- Aumentar la integración y participación ferroviaria en el reparto modal, tanto de personas como de carga.
- Una vez que el reparto modal esté optimizado, el siguiente paso será mejorar el rendimiento tanto en el aspecto ambiental como en el operativo.

Para ello, es necesario urgir las acciones estratégicas propuestas bajo el liderazgo claro y preciso que asume el Gobierno Federal, el compromiso de la industria nacional, el potencial de la academia y el respaldo de la sociedad civil ávida de cambios tangibles y que den soluciones a los problemas ambientales y de movilidad que enfrentaremos en las próximas décadas.

ANEXO

ESQUEMA DEL MAPA DE RUTA TECNOLÓGICA DEL TRANSPORTE TERRESTRE EN MÉXICO

Simbología

→ Dependencia entre acciones

Tendencia tecnológica

- La digitalización de las operaciones
- Tecnologías de alimentación y eficiencia energética
- Vehículos automatizados y robóticos

Pilares del transporte terrestre

- Operación
- Vehículos
- Infraestructura
- Logística
- Todos los pilares





**GOBIERNO DE
MÉXICO**

COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES