

Examinación sobre el Plan Maestro de Transporte Urbano en Cancún, Estados Unidos Mexicanos y estudio del Plan de Implementación de AGT

Marzo 2021

Estudio del Ministerio de Economía, Comercio e Industria

Japan International Consultants for Transportation Co., Ltd. (JIC)

1. Resumen del estudio
2. Tendencias socioeconómicas y análisis del sector del transporte
3. Plan maestro y últimas tendencias
4. Plan de ruta
5. Previsión de la demanda
6. Plan del transporte y del sistema
7. Estructura y plan de la estación
8. Plan del proyecto (operación y el sistema de gestión del mantenimiento)
9. Acumulación de costes del proyecto
10. Análisis económico y financiero
11. Plan de financiación y estimación de la utilización de apoyo político etc.
12. Consideración sociomedioambiental
13. Viabilidad del proyecto
14. Resumen
15. Recomendaciones para la realización del proyecto

1. Resumen del Estudio

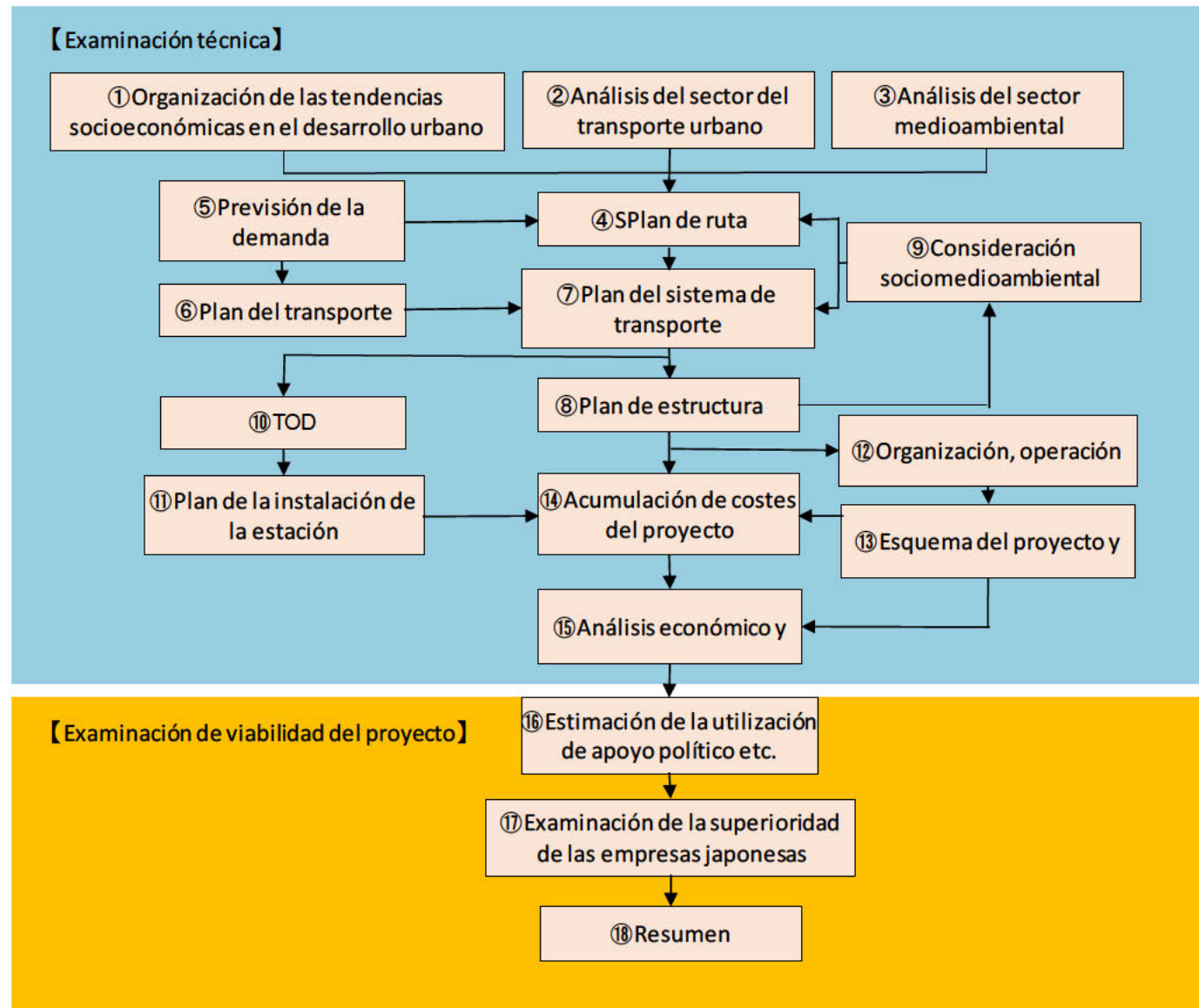
- - Antecedentes del estudio
 - Es necesario aumentar la movilidad y reducir la congestión del tráfico para los turistas y residentes en Cancún, que es un centro turístico de playa de categoría mundial con una población en rápido crecimiento.
- - Objetivo del estudio
 - Desarrollar un sistema de transporte público en Cancún que va asociado a la mejora del transporte urbano, revitalizar la economía y aumentar los beneficios sociales (beneficios públicos).
 - Introducir el sistema AGT (avanzado) de Japón y promover (efecto dominó) las exportaciones de infraestructuras.

● Calendario de comercialización

Item/Año fiscal	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Estudio del Ministerio de Economía, Comercio e Industria (presente estudio del proyecto)	■									
Implementación del estudio de viabilidad a gran escala y la evaluación del impacto ambiental		■								
Diseño básico			■							
Diseño detallado				■						
Negociaciones entre las partes relacionadas (trámites de financiación, licitación y selección, etc.)				■	■	■				
Firma de contratos y convenios de financiación						▼				
Adquisición, construcción y supervisión de la construcción						■	■	■	■	
Apertura de AGT									▼	
Operación y gestión del mantenimiento										■

1. Resumen del Estudio

- - Item de examinación



2. Tendencias socioeconómicas y análisis del sector del transporte

- **- Situación social**

- Los Estados Unidos Mexicanos son miembros de marcos internacionales como la APEC (ingresado en 1993), el TLCAN (entró en vigor en 1994) y la OCDE (ingresado en 1994), y es un país con una tasa de crecimiento económico estable. Se muestran los indicadores a continuación.
- Desde el comienzo del mandato de AMLO, el país ha invertido agresivamente en la infraestructura. Se han puesto en marcha los proyectos como las refinerías de petróleo (Estados de Hidalgo y Nuevo León) y los Ferrocarriles Maya etc.

Item	Unidad	Valor
Población	<i>(Millones de personas)</i>	12,619
PIB	<i>(Miles de millones de dólares)</i>	1,223
Tasa de crecimiento del PIB	(%)	2.0
PIB por población	<i>(Dólares americanos)</i>	9,807

- **- Medio ambiente natural**

- Una condición natural que preocupa en la costa caribeña de México son los huracanes. El estado de Quintana Roo tiene un número especialmente elevado de toques de huracán debido a que bordea el mar Caribe. Más recientemente, en octubre de 2020, azotó el huracán Wilma y causó daños.

Tabla: Número de huracanes que tocan tierra en México (por estado)

Estados	Número de casos
Baja California Sur	19
Sinaloa	18
Quintana Roo	13
Michoacán	9

*Nota:)Total de la segunda mitad del siglo XX (1951-2000)
Fuente: Biblioteca científica electrónica en línea*

2. Tendencias socioeconómicas y análisis del sector del transporte



- **- Estructura económica**

- El estado de Quintana Roo, donde se ubica Cancún, aunque ocupa en el 25º lugar entre los 32 estados en términos de población, ocupa el tercer puesto en la tasa de crecimiento económico más alta de México con un 4,1% (2018). Se enumeran a continuación cada indicadores en Quintana Roo.

Item	Unidad	Valor	Clasificación (entre los 32 estados)	Año fiscal
Población	Mil personas	1722.6	25	Año 2018
PIB de los estados	Un millón de pesos mexicanos	374,569	18	Año 2019
Tasa de crecimiento de PIB de los estados	%	4.1	4	Año 2018
PIB por población del estado	Peso mexicano	196,487	10	Año 2017

Fuente:Elaborado por la misión a través de sitio web de PRO QuintanaRoo y el INEGI

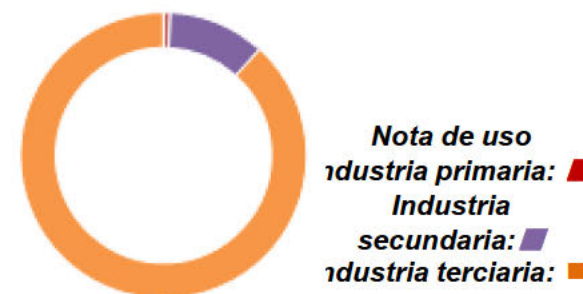
- La industria en Quintana Roo es principalmente industria terciaria que abarca 88,28%. (En el año 2017)
- El Aeropuerto Internacional de Cancún, es mayor en México en cuanto al número de llegadas internacionales.

Tabla: Comparación del número de llegadas internacionales en cada aeropuerto de México

Aeropuerto	Número de llegadas (personas)
Cancún	7,889,646
Ciudad de México	4,989,201
Los cabos	1,791,769
Puerto Vallarta	1,515,681

Fuente: Resultado de la actividad turística 2019: Subsecretaría de Planificación y Política Turística

Figura: Estructura industrial de Estado de Quintana Roo



Fuente: Gráfico elaborado por la misión a través de PRO QuintanaRoo.com

2. Tendencias socioeconómicas y análisis del sector del transporte

- En el caso del municipio de Benito Juárez, hay un total de 280,897 vehículos en circulación, dado que es aproximadamente 60% la proporción de compartición de tráfico de vehículos.
- Cancún cuenta con una red de carreteras de autobuses de cuatro empresas y 36 rutas, y se puede suponer que tendrá una alta proporción de compartición de tráfico de autobuses. (4 compañías y 11 rutas dan servicio a la zona hotelera)
- En cuanto al transporte en autobús, hay muchas rutas que se solapan, y el tema es que se ve perjudicado la puntualidad, debido a que se dispersan los puntos de congestión.
- Cuando se introduzca el AGT, será necesario también el estudio de la reorganización de esta red de rutas de autobuses.

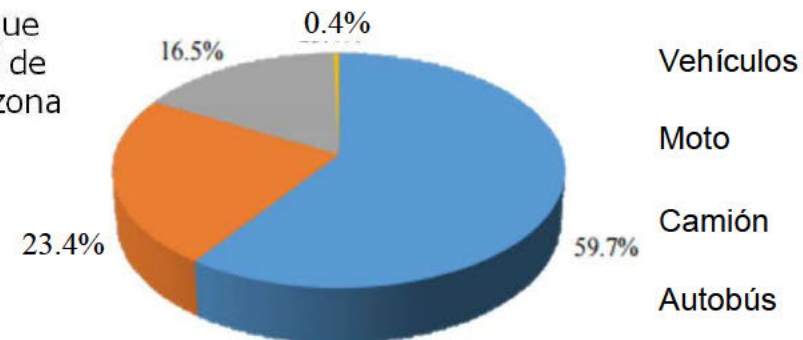


Figura: Proporción de compartición de tráfico en el Municipio de Benito Juárez

Fuente: Composición del parque vehicular en el Municipio de Benito Juárez(2015)



3. Plan maestro y últimas tendencias

- - Plan Maestro (: Plan Maestro de Transporte Urbano de Quintana Roo)
 ※PIMUS=Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable)

【Estrategia de movilidad】: Hacer que sea más eficiente el sistema de transporte público, la operación del transporte público convencional (autobús y taxi).

- Sistema de transporte tipo BRT (actualmente, se está considerando el tipo LRT (análisis): AGEPRO confirmado)
- Desarrollo de nodos de transporte

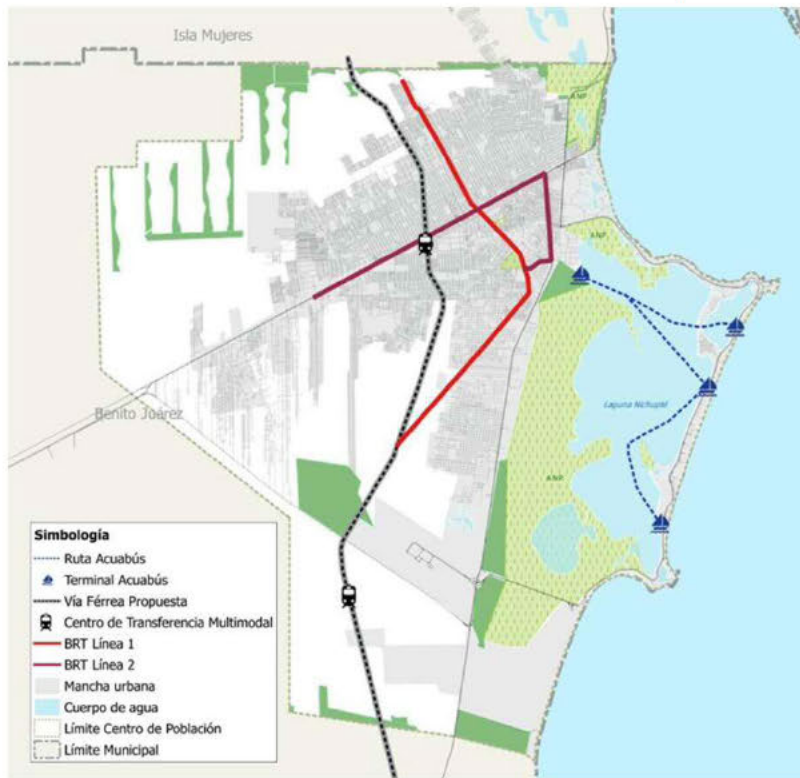


Figura del plan de ruta de PIMUS

※Se prevé una red de transporte público en torno al Tren Maya.



Rutas que se introducirán en AGT en la figura del plan de ruta de PIMUS (2019)

【Resumen】

- Organización de planes de nivel superior
- Plan Estatal de Desarrollo 2013-2018
- : Plan Estatal de Desarrollo de Quintana Roo 2016-2022
- : Programa de Desarrollo Urbano de Benito Juárez 2014-2030
- Situación de desarrollo urbano
- : La ciudad se extiende en forma radial alrededor del área urbana (CDB).
- : Red de tráfico
- : Congestión del tráfico en el centro de la ciudad, insuficiencia del mantenimiento del transporte en la zona hotelera
- : Falta de sistema de transporte público (Estudio para introducir un sistema de transporte urbano)

【Instituciones relacionadas】

- FONATUR=Fondo Nacional de Fomento al Turismo)
- AGEPRO=AGencia de PROyectos estratégicos)

3. Plan maestro y últimas tendencias

- - Últimas tendencias [22 de diciembre de 2020]

:Página oficial del Gobierno de México [PROYECTO DE MÉXICO HUB -Inversión e Infraestructuras]

- Nombre del proyecto

DISEÑO, CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO, OPERACION, ADMINISTRACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE LIGERO URBANO Y TURISTICO EN LA CIUDAD DE CANCUN, EN EL ESTADO DE QUINTANA ROO.

Tipo de inversión : Campo verde

Tipo de proyecto : APP (Licitación pública internacional)

Ámbito : Movilidad urbana

Escala : 47 km de sistema de transporte

Coste de construcción : 1,645 millones de dólares

- Plan

- Etapa 1: Ruta elevada de 33 km por la zona hotelera (bulevar Kukulcán) hasta el Aeropuerto Internacional de Cancún.

- Etapa 2: Ruta que recorre a nivel del suelo por la avenida Tulum y la avenida Universidad.

- 29 estaciones y 2 terminales

- Oficinas y base del vehículo en la zona del aeropuerto

- Previsión de la demanda: 66,800 pasajeros/día



Figura del plan de ruta

- Calendario del proyecto

Item	Registro del Ministerio de Hacienda	Convocatoria / Anuncio público de las propuestas	Recepción de las propuestas	Selección	Contrato	Ejecución/fecha de inicio	Fecha de inicio de la operación	Período del contrato
Período	Segundo semestre de 2020	2Segundo semestre de 2020	Primer trimestre de 2021	Primer trimestre de 2021	Segundo trimestre de 2021	Tercer trimestre de 2021	Tercer trimestre de 2022	Hasta el 2053

3. Plan maestro y últimas tendencias

- - Ruta prevista de AGEPRO

- Plan

- Longitud total 47 km, 40 estaciones (ruta diseñada para conectar con el Ferrocarril Maya)

- Etapa

- : Aeropuerto ⇄ Centro de la ciudad : Ruta que recorre a nivel del suelo por la avenida Tulum y la avenida Universidad (14km)

- : Aeropuerto ⇄ Zona hotelera: Ruta elevada por la zona hotelera (bulevar Kukulkán) hasta el Aeropuerto Internacional de Cancún (33km).

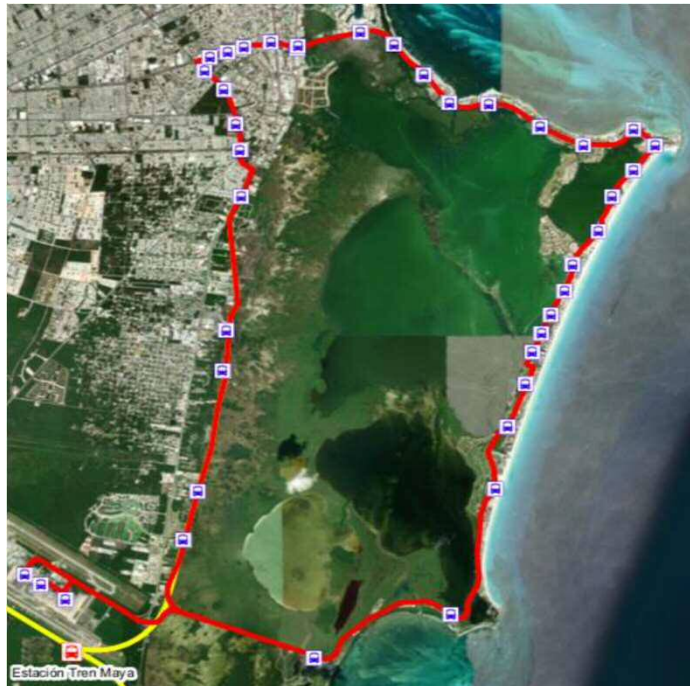


Figura del plan de ruta

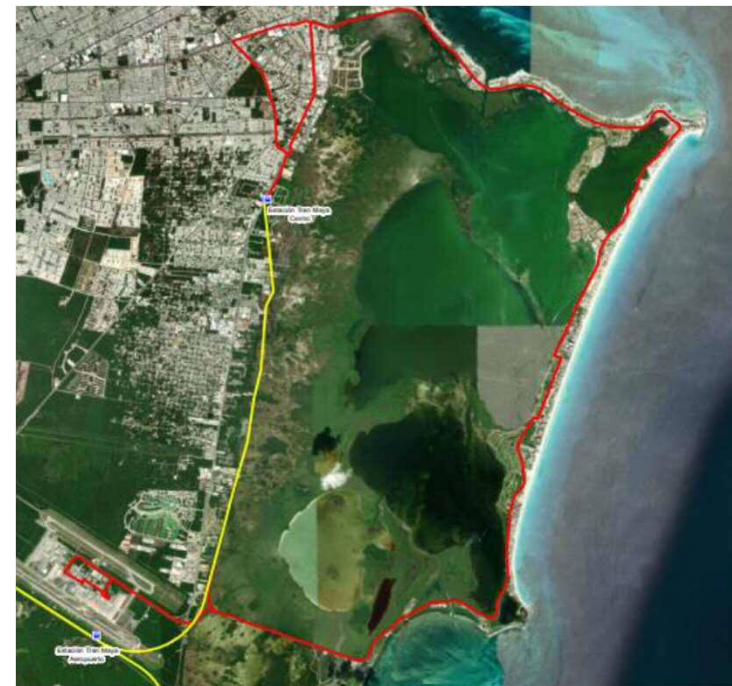


Figura del plan de ruta de extensión del Ferrocarril Maya

- Situación actual

- FONATUR: Examinación del sistema de transporte entre el aeropuerto y la ciudad (para 2023), introducción de un sistema de transporte temporizado

- AGEPRO : Es importante el propósito de Tren maya como el transporte alimentador y la conexión con el Tren maya (construcción de la red de transporte)

4. Plan de ruta

- Condición lineal

Item	Valor estándar
Velocidad máxima	60km/h (Diseñado para la máxima velocidad 80km/h)
Número de líneas entre líneas principales y estaciones	2 líneas (línea de dos vías)
Distancia entre centro de la línea principal	3.45m
Ancho de vía (ferroviario)	1,700mm (Distancia entre el eje de anchura del neumático)
Radio mínimo de la curva	Línea principal R=40m Base de vehículos etc. R=30m
Descenso gradiente más rápida	Línea principal fuera de la estación del vehículo es de 60‰, en caso inevitable según la topografía es de 100‰, dentro de la estación es de 3‰ (nivel de principio), y el nivel de la base de vehículo etc.

※El radio de curva mínimo de la ruta de examinación fue R=100 y el descenso por gradiente más rápido fue 55‰.

4. Plan de ruta

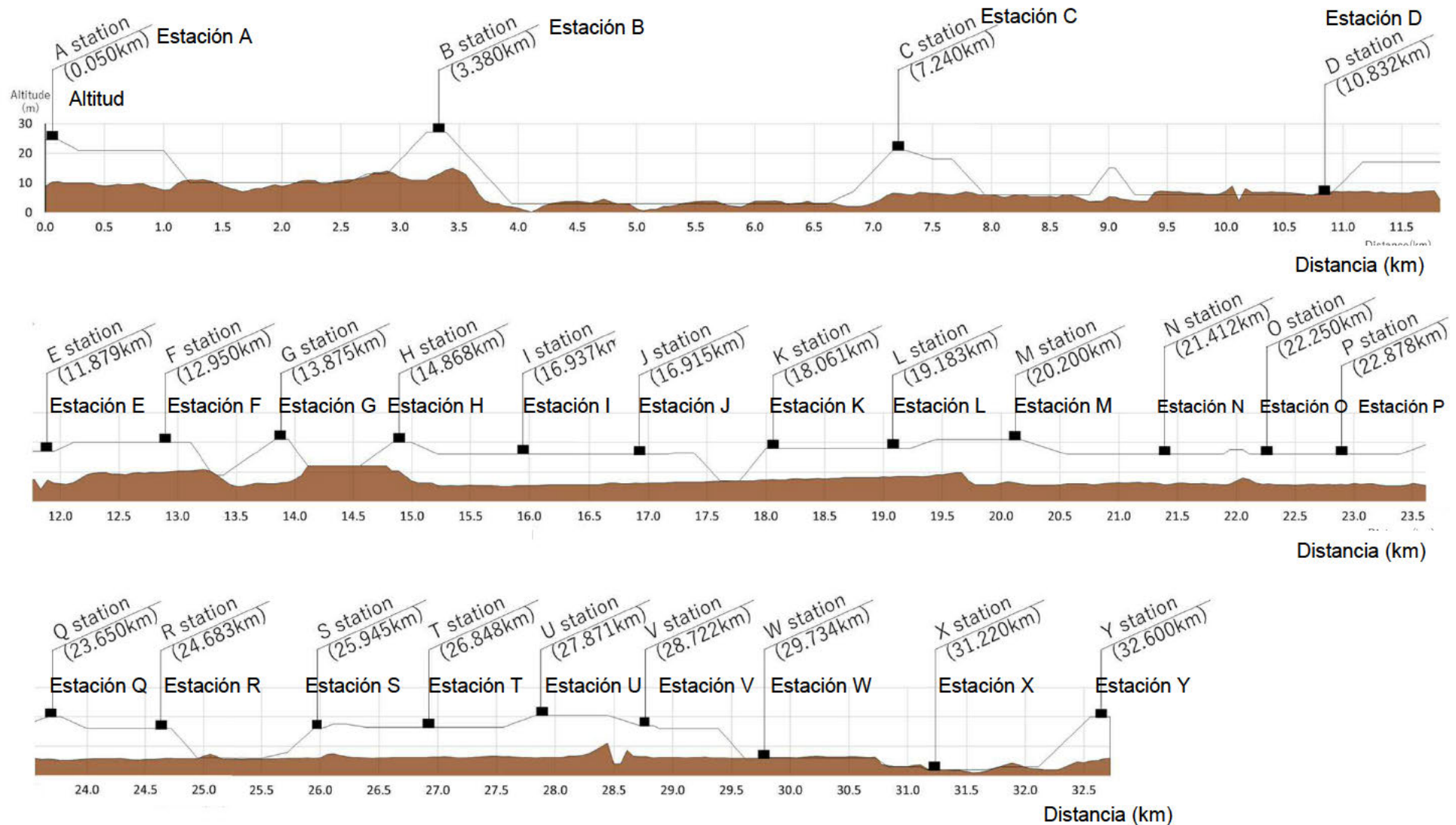


- Figura de superficie plana de ruta (figura esquemática)



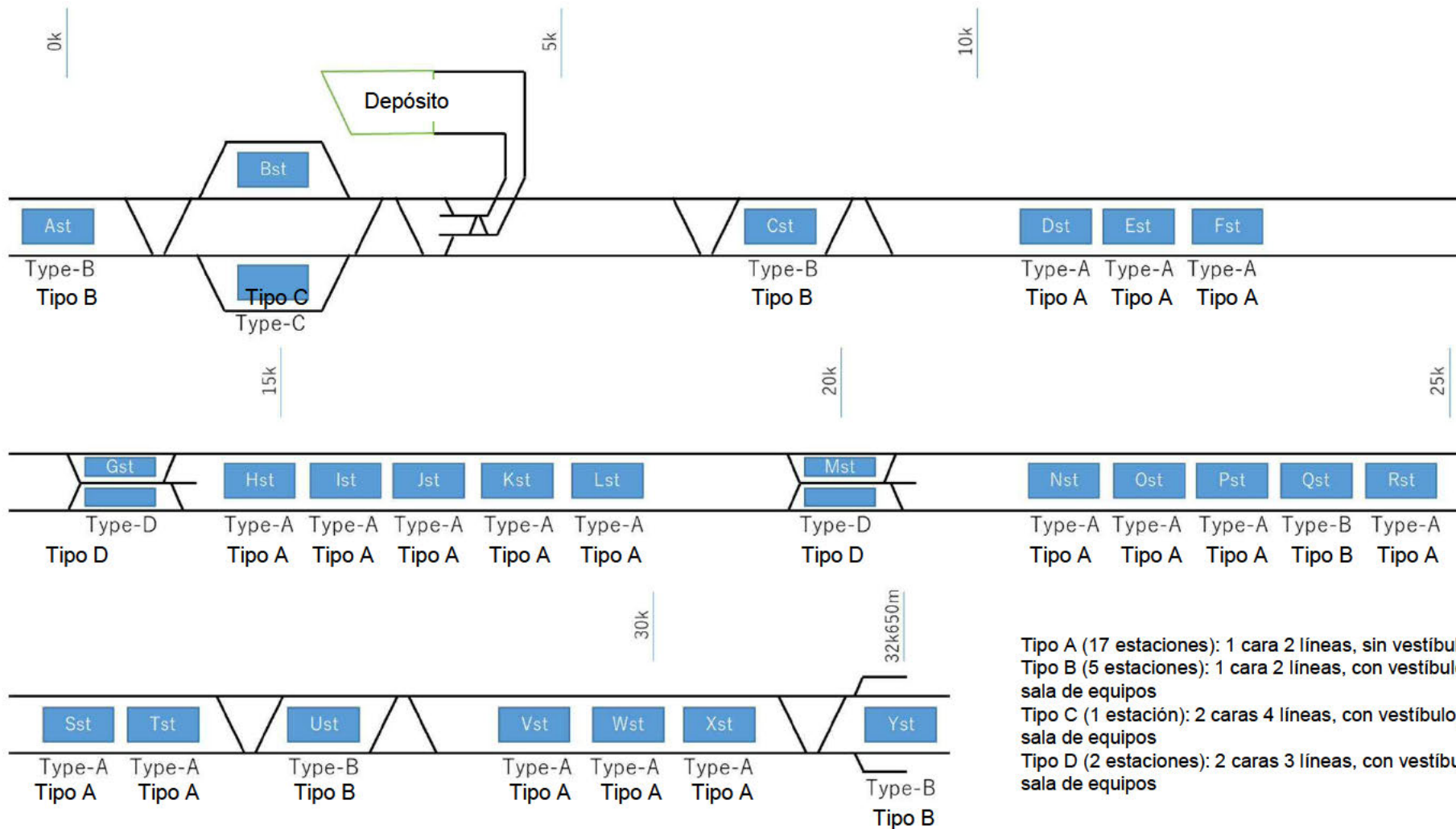
4. Plan de ruta

- Figura longitudinal



4. Plan de ruta

- Plan de cableado



- Tipo A (17 estaciones): 1 cara 2 líneas, sin vestíbulo
- Tipo B (5 estaciones): 1 cara 2 líneas, con vestíbulo y sala de equipos
- Tipo C (1 estación): 2 caras 4 líneas, con vestíbulo y sala de equipos
- Tipo D (2 estaciones): 2 caras 3 líneas, con vestíbulo y sala de equipos

4. Plan de ruta

- Plan de diseño de la estación

No.	Nombre de la estación (nombre temporal)	Alrededor de un km	Principales instalaciones en las inmediaciones
ST-01	Estación A	0k050m	Aeropuerto Internacional de Cancún
ST-02	Estación B	3k380m	Estación de Cancún de Tren Maya (construcción prevista)
ST-03	Estación C	7k240m	Instalaciones de gran centro de atracciones
ST-04	Estación D	10k832m	Instalaciones recreativas
ST-05	Estación E	11k879m	
ST-06	Estación F	12k950m	
ST-07	Estación G	13k875m	Campo de golf y ruinas El Rey
ST-08	Estación H	14k868m	
ST-09	Estación I	15k937m	
ST-10	Estación J	16k915m	Instalaciones recreativas
ST-11	Estación K	18k061m	Puente vehicular Nichupté (construcción prevista)
ST-12	Estación L	19k183m	
ST-13	Estación M	20k200m	Acuarios, centros comerciales, villas
ST-14	Estación N	21k412m	
ST-15	Estación O	22k250m	
ST-16	Estación P	22k878m	Centros comerciales, centro de la ciudad
ST-17	Estación Q	23k650m	
ST-18	Estación R	24k683m	Campo de golf
ST-19	Estación S	25k945m	
ST-20	Estación T	26k848m	Instalaciones recreativas
ST-21	Estación U	27k871m	Parques monumentales, instalaciones recreativas
ST-22	Estación V	28k722m	
ST-23	Estación W	29k734m	
ST-24	Estación X	31k220m	Gran centro comercial
ST-25	Estación Y	32k600m	Entrada al centro de la ciudad

5. Previsión de la demanda

- - En la figura siguiente se muestra un resumen del método de previsión de la demanda para el presente estudio.
- - Ha implementado la previsión para el tráfico desde el centro de la ciudad a la zona hotelera y desde el aeropuerto a la zona hotelera respectivamente, a través de la previsión según la proporción de conversión y según la proporción de la compartición de tráfico de otras zonas.
- - Para la proporción de conversión, ha aplicado el modelo logit binario utilizado en PIMUS, y para la proporción de compartición de tráfico de otras zonas, ha aplicado la proporción de compartición de tráfico en el aeropuerto de Naha (equivalente al monorriel).

◆ Situación actual del uso de medios de transporte

◆ Medios de transporte a utilizar durante el mantenimiento de AGT

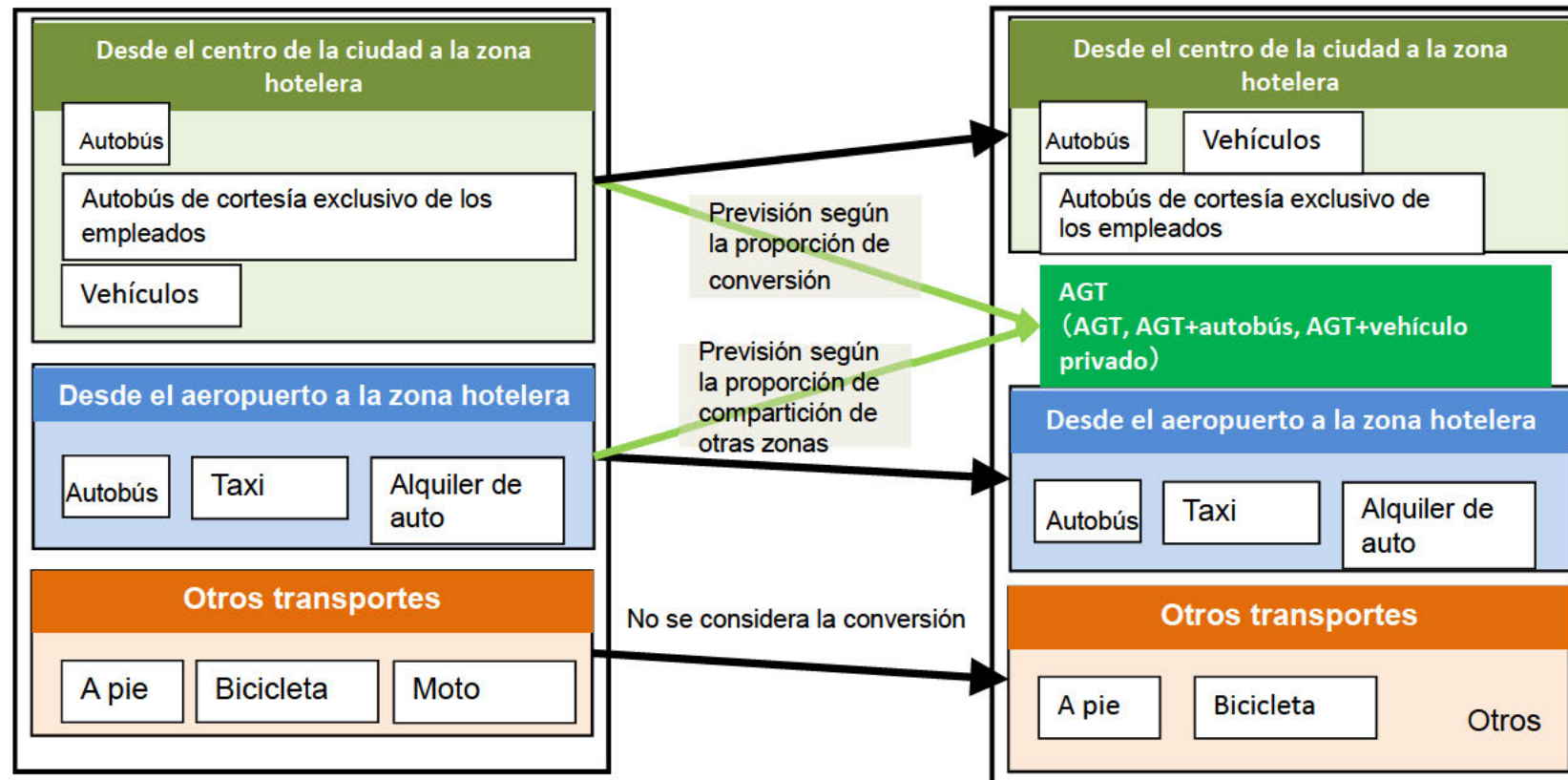


Figura. Resumen del método de previsión de la demanda

5. Previsión de la demanda

- - Los resultados del cálculo del volumen del transporte de conversión ante la demanda de tráfico actual se muestran en la tabla siguiente.
- - Acerca de la tarifa AGT ha fijado en una tarifa plana de 32 pesos.
- - Aplicando la tasa de crecimiento de la población de la zona metropolitana de Cancún y la tasa de crecimiento del número de llegadas de turistas ante el volumen del transporte de conversión de la situación actual, ha hecho la previsión como 78,836 (personas/días/ en ambas direcciones) para el año de la apertura (2028).

Resultado de la previsión del volumen del transporte de conversión (2018 actual)

Par OD	Medios de transporte	Volumen del transporte	Volumen del transporte de conversión
①Centro de la ciudad ↔ zona hotelera	Autobús	90,000	47,451
②Centro de la ciudad ↔ zona hotelera	Autobús de cortesía exclusivo de los empleados	18,000	7,097
③Centro de la ciudad ↔ zona hotelera	Vehículo privado	15,000	2,845
④Aeropuerto ↔ Hoteles	Autobús Taxi Autobús de cortesía Alquiler de auto	30,000	6,531 (Proporción de compartición de aeropuerto de Naha: Monorriel 21.8%)
		153,000	63,924

Volumen máximo de tráfico transversal: 5,125 (personas/hora/unidireccional)

*Tasa máxima: 10.5%, tasa direccional pesada: 0.83

Todo el volumen del transporte
(personas/días/en ambas direcciones)

6. Plan del transporte y del sistema

- **Plan del transporte**

- - En cuanto a la propuesta ha determinado las condiciones necesarias (PPHPD, etc.) para el cálculo, a través del plan maestro del transporte etc.
- - Aplicando la fórmula de cálculo PPHPD y las especificaciones de los vehículos, ha estudiado el número de operaciones de horas punta y composición de las operaciones.
- - Al verificar el volumen del transporte transversal para cada tramo, ha verificado que hay pendiente en la demanda en el límite de la estación M (alrededor de 20,2 km).
- - Según por el tramo, entre las estaciones X a Y, que será el mayor volumen de transporte transversal, dentro de PPHPD, basándose en la proporción de transporte transversal de estaciones M a L, tras calculando el número de pasajeros que viajan desde la estación M hasta el aeropuerto es de 41.6%. (Calculado a partir de las cifras de 2028)

Términos y condiciones	Resumen	Valor utilizado
Demanda en horas punta (PPHPD)	Volumen del transporte transversal por hora punta.	6127 personas (2028 actual)
Velocidad establecida	Velocidad de conducción cuando se promedia en un tramo. Extensión de tramo ÷ (tiempo de recorrido + tiempo de parada de la estación) × 60	25km/h (Según los resultados de AGT en Japón)
Extensión del tramo	Km de extensión total de la ruta	32.65km (Previsión, desde el centro de la ciudad a hotel y aeropuerto)
Capacidad del vehículo	Capacidad de asientos + Capacidad de pasajeros en relación con la superficie.	6 vagones : 474 personas (m ² /6 personas)
Proporción del uso de vehículo	Porcentaje de vehículos utilizados por día laborable, dentro de la organización de despliegue	Proporción de uso del vehículo 90% (según los resultados en Japón)
Prorrato de la pendiente de la demanda	Demanda transversal del tramo donde se produjo pendiente ÷ Demanda transversal máxima	41,6% (se calcula suponiendo que el 41,6% del PPHPD transita por la estación M hacia el aeropuerto)

Fórmula de cálculo

$$PPHPD \div capacidad = \lceil \text{número de trenes conducidos} / 60 \text{ minutos} \div \text{número de trenes conducidos} = \lceil \text{intervalo de conducción} / \{(\text{tiempo de conducción en un sentido} + 5 \text{ minutos (tiempo de giro)}) \times 2\} \div \text{intervalo de conducción} = \lceil \text{número de de trenes organizados de conducción} \rceil$$

$$\text{Número de trenes organizados de conducción} \div \text{proporción de utilización de vehículos} = \lceil \text{Número de trenes organizados de despliegue} \rceil$$

6. Plan del transporte y del sistema

- - Número de trenes conducidos, número de trenes organizados de conducción, número de trenes organizados de despliegue
 - - Ha calculado el número de trenes conducidos al prorratear PPHPD de acuerdo a la proporción de la pendiente de la demanda.
 - - Se implementará la conducción de tramo, siendo como punto de partida la estación M.
 - - El intervalo de tiempo mínimo (intervalo de conducción) es el valor entre las estaciones Y a M, donde los trenes directos y los de tramo circulan juntos.
 - - Ante el aumento de PPHPD de un año a otro, ha decidido que no se aumentaría el número de trenes conducidos para permitir hasta un 105% de proporción de pasajeros desde el primer año fiscal del proyecto.
 - ✓ La capacidad del vagón en el momento de 105% es de 83 pasajeros por vagón, y la capacidad real durante la hora punta del resultado en el AGT en Japón es de 90 pasajeros por vagón (en Línea Nippori-Toneri), lo que se puede considerar que es un nivel aceptable de congestión durante la hora punta.

Año	PPHPD (Pers.)	PPHPD(Pers.)		Número de trenes conducidos (No.)		Intervalo de tiempo mínimo (min:seg)	Número de trenes organizados de conducción (No.)	Número de trenes organizados de despliegue (No.)	Coche de despliegue (Vagones)	Proporción de pasajeros al Año 1	Proporción de pasajeros al Año 11	Proporción de pasajeros al Año 16
		Directo	Tramo	Directo	Tramo							
2028	6127	2549	3578	6	8	4:17	27	30	180	92.33%		
2037	6999	2912	4087	6	8	4:17	27	30	180	105.47%		
2038	7097	2952	4145	7	8	4:00	30	34	204		99.82%	
2042	7466	3106	4360	7	8	4:00	30	34	204		105.01%	
2043	7564	3147	4417	7	9	3:45	31	35	210			99.74%
2057	7727	3215	4512	7	9	3:45	31	35	210			101.89%

- Resumen
 - Se necesitarán 30 trenes organizados de despliegue al inicio de la operación, 4 trenes organizados en el undécimo año y 1 más en el decimosexto, por lo que se necesitarán 35 trenes organizados de despliegue.
 - Aunque el intervalo de conducción más densa será de 3 minutos y 45 segundos, es un valor que no impone ninguna restricción particular a las instalaciones basándose en los ejemplos de Japón.

6. Plan del transporte y del sistema

- Plan del sistema

(1) Plan de vehículos.

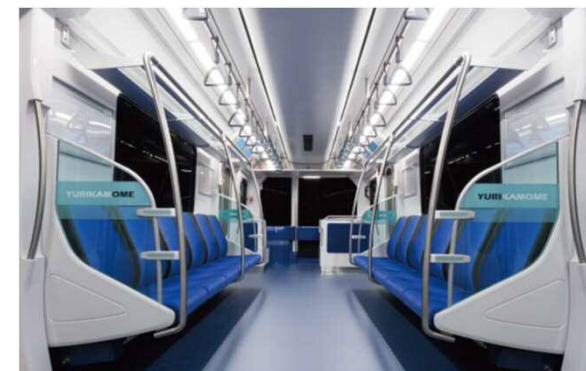
Teniendo en cuenta la demanda futura y las limitaciones del terreno para la construcción de la línea, ha seleccionado el [tren tipo B (de tamaño mediano) organizados de 6 vagones] que tiene una alta eficiencia de infraestructura y es altamente competitivo como sistema japonés que el tipo estándar de AGT en Japón.

-> Tipo B: Anchura de la carrocería (2,5 m) x longitud de la carrocería (8,5 m), peso máximo (18 t/coche)

- Especificaciones del vehículo (Urbanismo18: basado en Mitsubishi Heavy Industries Engineering Co.

Item	Especificaciones					
Carrocería	Aleación de aluminio Estructura de doble piel Frontal*FRP					
No. de vagones organizados básicos	Organizados de 6 vagones Vehículo de plena potencia (6M) 54,000 mm de longitud					
Capacidad de pasajeros (6 pers./m2 estándar)	474 personas por organización (incluida la capacidad de 116 asientos)					
Según coches	Coche1	Coche 2	Coche 3	Coche 4	Coche 5	Coche 6
Capacidad de pasajeros (pers.)	75	81	81	81	81	75
Incluida la capacidad de asientos (pers.)	20	19	19	19	19	20
Peso del vehículo en vacío (t)	11.0	10.5	10.5	10.5	10.5	11.0
Longitud de la carrocería (m.m)	8550	8500	8500	8500	8500	8550
Diseñado para la máxima velocidad	60 km/h					
Método eléctrico	DC 750V					
Grado de aceleración	Aceleración máxima de 3,5km/h/s					
Grado de desaceleración	3,5 km/h/s (máximo común), 4,5 km/h/s (excepcional)					
Método del circuito principal	Sistema de motor de inducción de control VVVF					
Método de freno	Freno regenerativo + Freno de disco hidráulico					
Método bogie	Banda de rodadura: 1700 mm, bogie y bogie acompañante, cada 1/coche					
Método de operación	GdA Nivel 4: Conducción automatizada con consideración de la conducción no tripulada					

- Imágenes exteriores e interiores



6. Plan del transporte y del sistema

- - Plan del sistema

(2) Equipo eléctrico: Configuración del equipo y especificaciones

Item	Rol	Artículo
Método de recepción de energía	Recepción de energía de dos fuentes diferentes	Empresa local de suministro eléctrico: CFE
Subestaciones receptoras de energía	Transforma y distribuye la energía recibida	Instalado en el patio de la base de los trenes (1 lugar)
Línea de transmisión de energía	Conecta las subestaciones receptoras, las subestaciones eléctricas y las salas eléctricas de las estaciones	Las líneas de transmisión de energía se colocan a lo largo de la vía
Subestación transformadora	Transformador para la tensión utilizada para la conducción del tren y los equipos de la estación	Instalado en las estaciones (cada 5 o 6 km) y en la base de los trenes
Sala eléctrica de la estación	Transformador para la tensión utilizada para los equipos de la estación	Instalado en cada estación (excepto en las subestaciones transformadora)
Línea del tren	Se conecta a la vía férrea para suministrar energía eléctrica para la conducción del tren	Tipo de vía doble rígida compuesta de 750 V CC Recogida de energía lateral

6. Plan del transporte y del sistema



- Plan del sistema
- (3) Equipos de señalización y comunicaciones: Equipos y especificaciones

Ítem	Función y rol	Equipos y especificaciones	Artículo
Método de cierre	Control del intervalo entre trenes	Cierre móvil por CBTC	o el cierre fijo
Método de indicación de la señal	Indicación de las condiciones de conducción a los trenes	Señales de a bordo por CBTC	o señales de tierra
Sistema de gestión de grupos de trenes	Gestión de trenes múltiples	Seguimiento y control centralizados desde la OCC	
Método de conducción de trenes	Forma de conducción de trenes	ATO(GoA4)	Nivel a considerar
Método de protección de trenes	Evitar las colisiones de trenes y las infracciones de las señales	ATP por CBTC	o ATC, ATS-P
Método vinculado	Bloqueo y control en cadena de la máquina enrolladora de señales de tráfico de la estación	Vinculación electrónica	o relé, electrónica centralizada
Línea de comunicación	Suministro de líneas para comunicaciones que sirve en la actividad de conducción	Línea autónoma por cable óptico	
Equipos de comunicación de seguridad	Comunicación de voz entre los miembros del personal sobre la operación del tren, etc.	Teléfono de mando centralizado, tren inalámbrico, teléfono en las instalaciones	
Instalaciones de información a los pasajeros	Suministro de información a los pasajeros	Equipos automáticos de radiodifusión, y instalaciones de información a los pasajeros	
Aparato de supervisión de los equipos	Control del estado de los sistemas de los equipos de la estación, etc.	Equipos mecánicos (ESC/EV, alarma de incendios, PSD), equipos de comunicación, catástrofes, etc., CCTV	

7. Estructura y plan de la estación

- - Plan de la estructura

Condiciones de diseño considerado

Condiciones geológicas: ···· El suelo es principalmente calcáreo, y hay mucha variación en las propiedades físicas del suelo, por lo que es necesario realizar un estudio detallado del suelo.

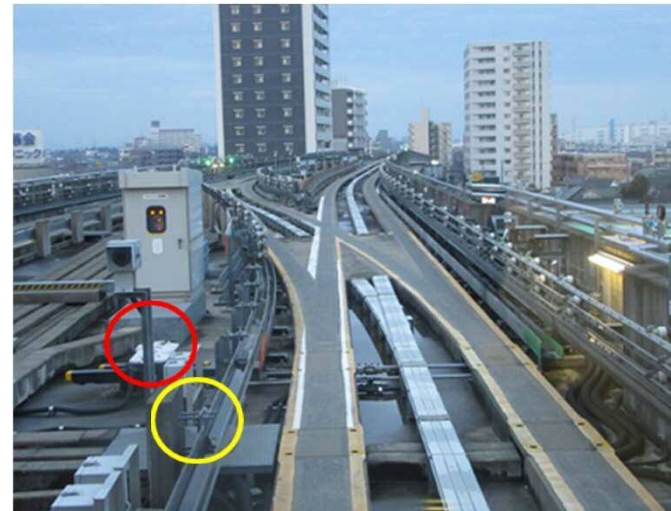
- Diseño sísmico ····· México es un país sísmico, pero los grandes terremotos se producen en la vertiente del Pacífico.
- Los terremotos que se producen cerca de la Península de Yucatán son de pequeña escala. (No se requiere un diseño sísmico especial).

Estructuras generales

- Tramos generales (elevada): La cimentación se construye con pilotes in situ, y las vigas PC, etc. se montan con grúa.
- Tramo de nivelación ······ Si las condiciones del suelo son buenas, la cimentación será de nivel de mejora de la capa superficial.
- Tramo del puente ······ ha realizado en la carretera paralela. Se realizará la construcción de los cimientos y montaje de las vigas de acuerdo a la ley de construcción

Vía y desviación

- Vía (superficie de rodadura)
Desviación de la ruta exclusivo de AGT construida en la superficie superior de las vigas de PC, etc.
- Aparato de desviación
El sentido de la marcha del tren se divide cambiando la placa guía móvil con una torreta eléctrica.



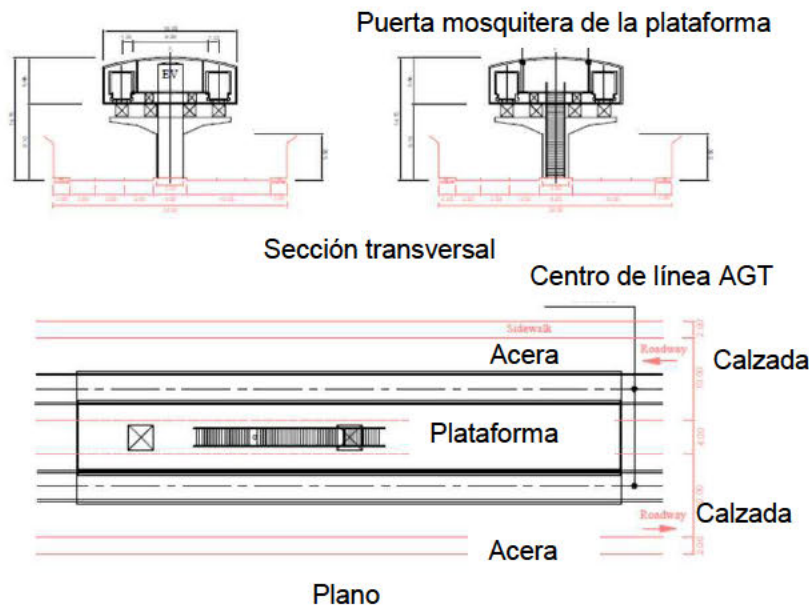
Estructura de un aparato de desviación (torniquete (rojo) y placa guía móvil (amarillo))

7. Estructura y plan de la estación

- - Asuntos examinados en el plan de la estación, etc.
 - Longitud de la plataforma de acuerdo a la escala del número de pasajeros y
 - Tamaño del vestíbulo
 - Estaciones estándar y estaciones especiales (puntos de partida y de llegada, estaciones más cercanas a la base de trenes, etc.)
 - Instalaciones generales de la estación (oficina de la estación, baños, etc.) y pasillos de conexión
 - Instalaciones sin barreras (ascensores, escaleras mecánicas, braille y bloques de guía, etc.)
 - Disponibilidad de puertas de plataforma y equipos de seguridad



Ejemplo de plataforma AGT (estación Yurikamome Shiodome)



Ejemplo de la puerta de plataforma AGT (estación Yurikamome Shiodome)

Estaciones estándar consideradas en este estudio

8. Plan del proyecto (operación y el sistema de gestión del mantenimiento)



- Número de personal necesario para la entidad operativa AGT de Cancún

Área		Número de personal (pers.)	Artículo	
Funcionarios		6	2 % de todos los empleados	
Personal	S e d e central	Dto. de asuntos generales	32	10% de todos los empleados
		Dto. de transporte	69 pers. (70 pers.) [71pers.]	32% del sector empresarial actual
		Dto. técnico		
		Subtotal	101 pers. (102 pers.) [103 pers.]	
	Sector empresarial actual	División de transporte	80 pers.	3.2 pers./estación
		División de mando	33 pers.	1.3 pers./estación
		División de instalación	30 pers.	0.9 pers./km de funcionamiento
		División de electricidad	36 pers.	1.1 pers./km de funcionamiento
		División de vehículo	36 pers. (41 pers.) [42 pers.]	0.2 pers./vagón
		Subtotal	215 pers. (227 pers.) [221 pers.]	
	Total		316 pers. (322 pers.) [324pers.]	

*Km. de funcionamiento 33km Número de estaciones 25 Número de coches 180 coches en el momento de la apertura 204 coches después de 11 años de funcionamiento 210 coches tras 16 años de funcionamiento

*Las cifras entre () indican el número de personal tras 10 años de funcionamiento, y entre [] indican el número de personal tras 16 años de funcionamiento

9. Acumulación de costes del proyecto



1. Cantidad básica de acumulación

El coste del proyecto se ha calculado sobre la base de las cantidades estimadas que figuran en la siguiente tabla.

Tabla de cantidades estimadas

No	Item		Unidad	Cantidad	Observación	
1	Costes de ingeniería civil	Vía	Total	km	32.65	
			Sección elevada	km	21.55	
			Sección de la superficie	km	11.10	
		Edificio de estación	Total	Punto	25	
			Estación elevada	Punto	21	
			Estación de la superficie	Punto	4	
		Base de vehículos	ha	5		
2	Costes de E&M	Sistema	Total	km	32.65	
		Vehículo	Momento de la apertura	Vagón	180	
			Después de 11 años de la apertura	Vagón	24	
			Después de 16 años de la apertura	Vagón	6	

2. Resultado de acumulación

Como se muestra en la tabla siguiente, con un total de 212,800 millones de yenes en el momento de la apertura, si se calcula por 1 km es de aproximadamente 6,500 millones de yenes.

Además, para reducir los costes, ha decidido planificar las estructuras sin especificaciones completas y para mantener lo más bajo posible los costes de las infraestructuras, como la ingeniería civil y la construcción de las estaciones.

10. Análisis económico y financiero

- - Análisis económico (Medición del grado de eficiencia en la asignación de recursos en la economía nacional)

■ Requisito previo

- Fecha de precio estándar: enero de 2021
- Período de evaluación: de 2022-2057 (7 años de período de construcción, operar durante 30 años después de la apertura en 2028)
- Cotización: USD 1 = JPY 103,735, USD 1 = MXN 19,863, MXN 1 = 5.22262 JPY
- Proporción de descuento social: 12%
- Coeficiente de conversión estándar (SCF) : 0.94

■ Costes económicos

1. Coste inicial
2. Coste de reinversión
3. Coste de O&M

- Análisis financiero (Análisis del flujo de caja como proyecto único)

■ Requisito previo

- Coste de oportunidad del capital: 6.77% (Rendimiento de la deuda pública mexicana a 30 años)
- Las demás requisito previo son las mismas que el de análisis económico

■ Ingresos

1. Ingresos de tarifa
2. Ingresos no tarifarios (tiendas, publicidad)

■ Costes

1. Costes iniciales
2. Costes de reinversión
3. Costes de operación y mantenimiento

■ Beneficios económicos

1. Beneficio de la reducción de los gastos de viaje
2. Beneficio de acortar el tiempo de conducción
3. Beneficio de la reducción de las emisiones de CO₂
4. Beneficio de la reducción de los accidentes de tráfico

■ Resultados del análisis económico

Indicador	Resultado
EIRR	-3.11%
ENPV (mil MXN)	-21,934
B/C	0.20

■ Promedio de pasajeros diarios e ingresos anuales

	(2028)	(2037)	(2047)	(2057)
Número de pasajeros (viaje)	78,836	91,993	104,208	104,208
Ingreso total (un millón MXN)	808	944	1,069	1,069

■ Resultados de análisis financiero

Indicador	Resultado
FIRR	-6.88%
FNPV (mil MXN)	-31,289
B/C	0.21

10. Análisis económico y financiero

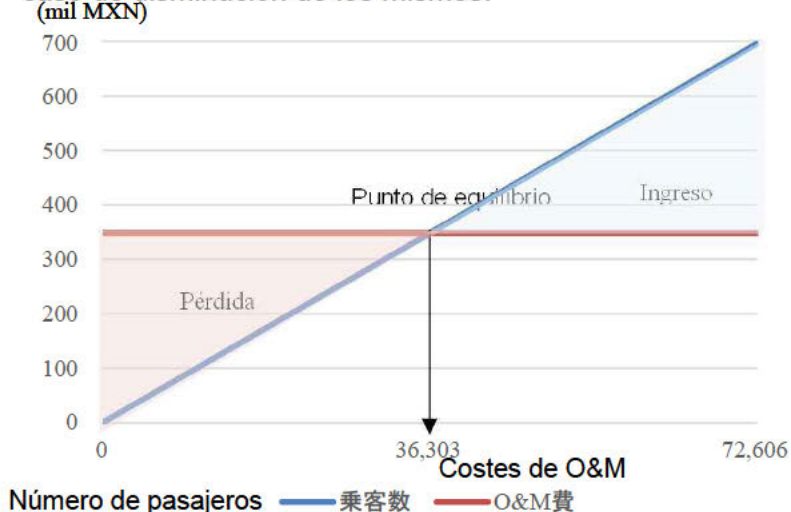


- Análisis financiero, análisis de percepción (compartición de obra de público-privado)

	1. Empresa O&M	2. Método de separación superior e inferior
Obra de ingeniería civil	Gobierno de México	Gobierno de México
Vehículo (incluye costes de actualización)	Gobierno de México	Empresa privada (Subvencionado parcialmente por el gobierno de México)
E&M (incluye costes de actualización)	Gobierno de México	Gobierno de México
O&M	Empresa privada	Empresa privada

1. Empresa O&M

- Se supone que sólo los costes de operación y mantenimiento serán cubiertos por el sector privado.
- Si se pueden asegurar más de 36,303 pasajeros al día, se pueden cubrir los costes de operación y mantenimiento.
- A través de la adopción del método de pago por disponibilidad permitirá a la empresa evitar el riesgo de pérdida de ingresos en caso de disminución de los mismos.



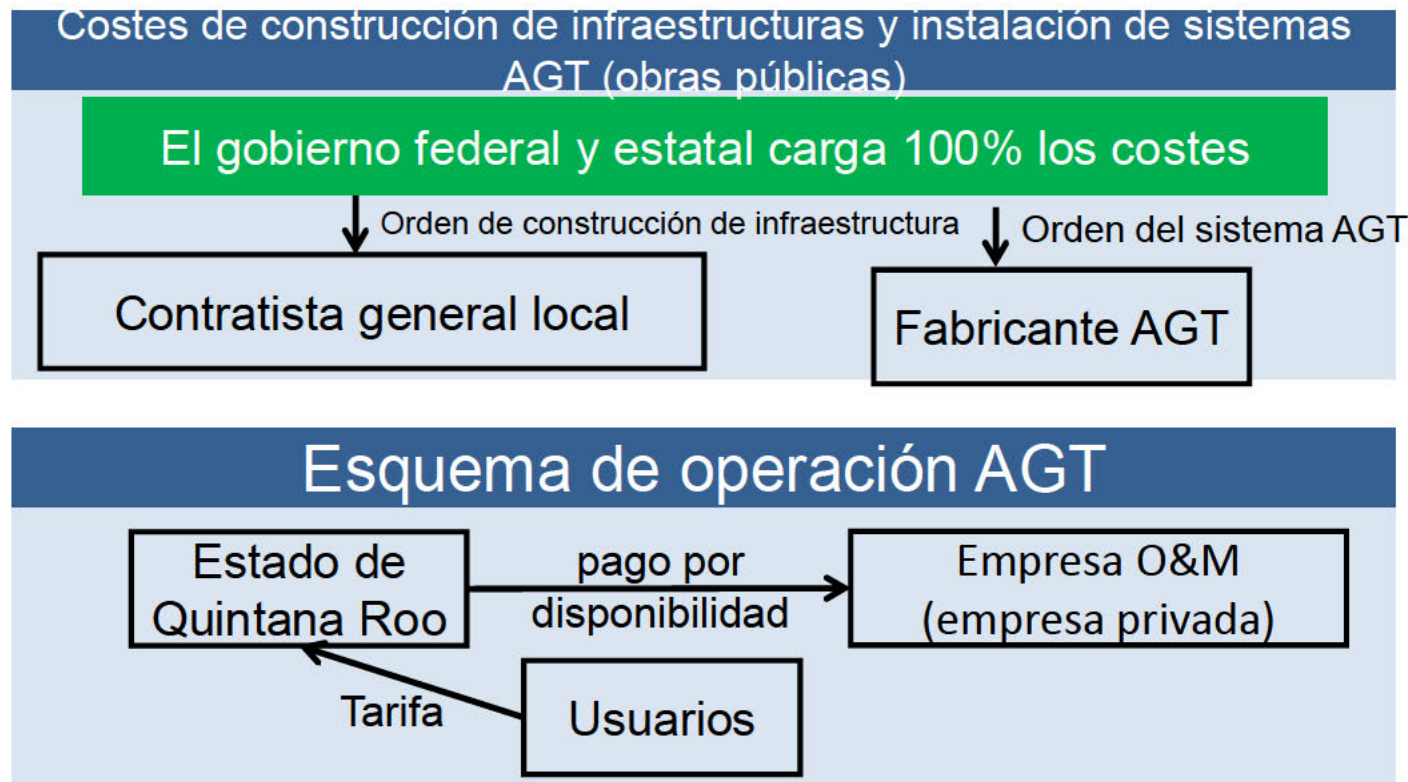
2. Método de separación superior e inferior

(Requisito previo)

- Se supone que los costes de vehículos y los costes de operación y mantenimiento correrían a cargo de una empresa privada (SPC) y en cuanto al vehículo estarían parcialmente subvencionados por el gobierno mexicano.
- Calculado en valor nominal (3% de inflación), teniendo en cuenta la depreciación de los vehículos y los impuestos de sociedades.
- Equidad: Deuda = 30:70, las condiciones del préstamo suponen un periodo de amortización de 30 años y un tipo de interés del 5%; WACC = 9,5%.
- Resultados.
- El análisis financiero del SPC muestra que la FIRR es del 11,5% que pasa el de WACC cuando el coste del vehículo es superior al 80%.

Indicador	Escenario1	Escenario 2	Escenario 3
Asume el coste del vehículo lado de gobierno mexicano	0%	50%	80%
FIRR	-2.61%	3.21%	11.50%
ENPV (Un millón MXN)	-7,214.93	-2,410.62	417.93

11. Plan de financiación y estimación de la utilización de apoyo político etc.



Fuente: Elaborado por la misión

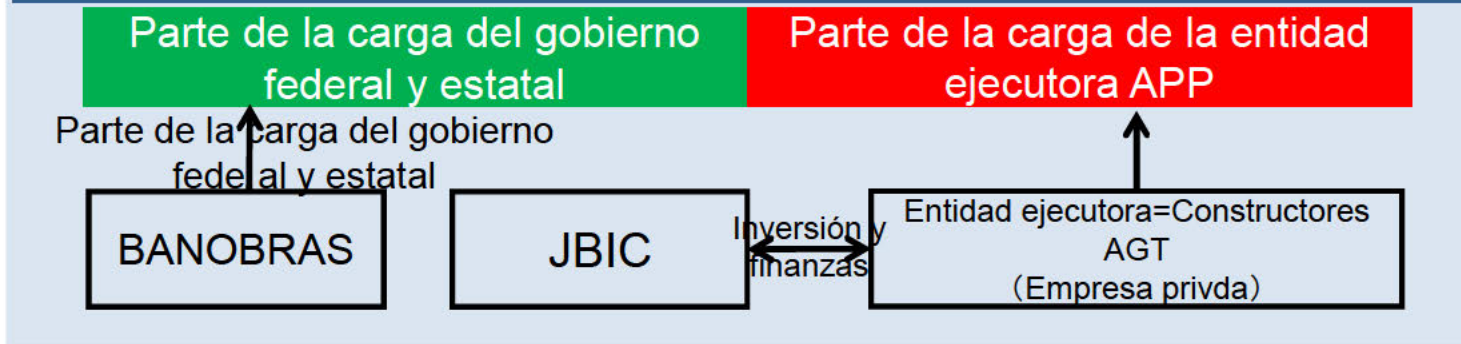
En el caso del establecimiento de una empresa de O&M

- Todos los costes relacionados con la construcción de infraestructuras y la introducción del sistema AGT se financian con fondos públicos.
- Los costes de operación corren a cargo de la empresa de O&M. Para reducir el riesgo de la empresa se adopta el método de pago por disponibilidad.

11. Plan de financiación y estimación de la utilización de apoyo político etc.



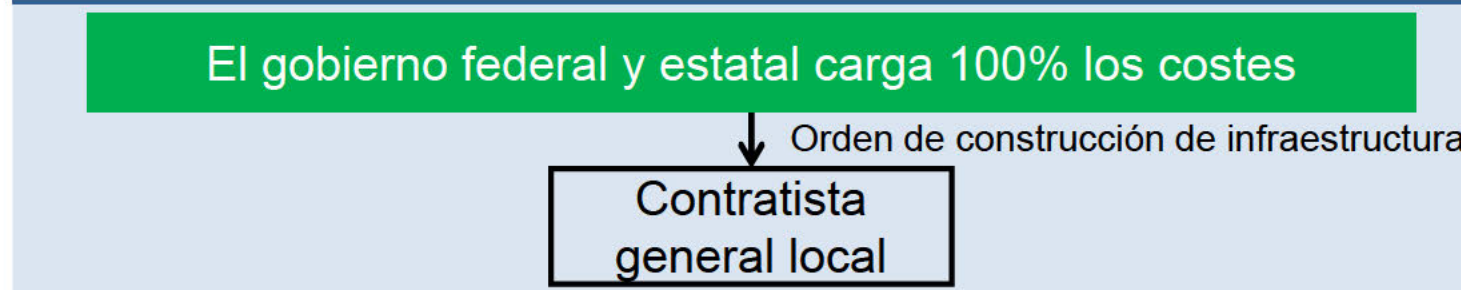
Costes de introducción del sistema AGT



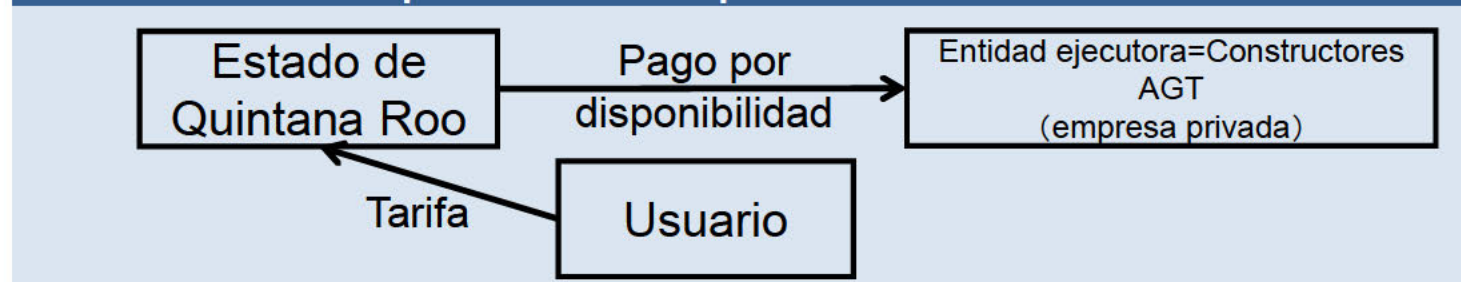
En el caso de método de separación superior e inferior

- El superior, el sector privado también que será entidad ejecutora carga una parte de los costes de introducción. El inferior, se construye como proyecto público en México.
- En cuanto a la operación, se adopta el método de pago por disponibilidad reducir el riesgo de la entidad ejecutora del proyecto.

Costes de construcción de infraestructuras (Obras públicas)



Esquema de operación de AGT



11. Plan de financiación y estimación de la utilización de apoyo político etc.



Para que conduzca a la construcción de AGT después de esta presentación de estudio de viabilidad, pueden ser examinados la aplicación de los siguientes mecanismos.

Organización de apoyo	Nombre del esquema	Proyecto objetivo	Requisitos de la aplicación
AOTS	Tipo de utilización de cooperación técnica y proyecto de desarrollo de mercados emergentes (Proyecto de formación y envío de expertos)	Aceptación de aprendices, envío de expertos, etc.	Propuestas de las empresas que realizan la formación y envío de expertos
METI	Tipo de utilización de cooperación técnica y proyecto de desarrollo de mercados emergentes (Desarrollo del sistema y entorno institucional)	Desarrollo de recursos humanos (formación, envío de expertos), etc.	Se necesitan propuestas de las empresas japonesas
METI	Estudio de viabilidad destinado a la implementación de proyectos para el desarrollo de infraestructuras energéticas de alta calidad en el extranjero	Estudio sobre proyectos de infraestructura que utilizan tecnologías de las empresas japonesas	Es necesario determinar que se requiere la profundización del estudio de esta vez
JICA	Recogida de información básica y el estudio de confirmación	Estudio para que conduzca al estudio de viabilidad a escala real	La posibilidad de continuar el proyecto con fondos del gobierno japonés una vez realizada el estudio es uno de los puntos clave para su adopción.
JICA	Estudio sobre la preparación de la cooperación (inversión y financiación en el extranjero)	Estudio de viabilidad a escala real	Con la suposición de inversión y préstamo en el extranjero
JICA	Cooperación técnica de costes compartidos	Formación técnica a cargo de ambos países	Originalmente destinado a los países que han sido graduados de la AOD, pero puede implementarse si se aprueban excepciones especiales

12. Consideración sociomedioambiental



Figura de los distritos de uso del suelo



[Resumen del uso del suelo]

- Alrededor de la ruta candidata hay pocas residencias y se extienden las zonas que se utilizan principalmente para el turismo y el ocio.
- En la franja mediana de la carretera existente por la que discurre el trazado se han plantado numerosos árboles callejeros, y en algunos de ellos han construido los monumentos y pilones, así como parques de bolsillo.
- El candidato a la base de vehículos se ha convertido a una zona verde (cinturón forestal).

Áreas Verdes	Áreas verdes
Comercial	Comercial
Mixto	Mixto
Equipamiento	Equipamiento
Habitacional	Habitacional
Área Natural Protegida	Área Natural Protegida
Industrial	Industrial
Servicios Turísticos Recreativos	Servicios Turísticos Recreativos
Turístico	Turístico

Figura de los distritos de área de conservación



[Resumen de la naturaleza]

- Como recursos ambientales en las inmediaciones del sitio del proyecto, está ubicada la Laguna Nichupté y la Laguna Bohorquez en el medio de la ruta y están designadas por el estado como área natural protegida y área de preservación.
- El tramo de aproximadamente 4 a 7 km de la ruta candidata pasa por el área natural protegida de los Manglares de Nichupté (parte de color verde).

Área	Denominación
Área de Uso Sustentable	Zona Urbana de Cancún
Área protegida	ANP Manglares de Nichupté
Área de conservación	Sistema de lagunas de Nichupté

— Ruta resumida

12. Consideración sociomedioambiental



- Impacto en el entorno natural
 - Aunque el trazado pasará por el área natural protegida de los manglares de Nichupté, no se talarán los manglares porque la carretera se construirá en terrenos aledaños de la carretera actual y no se construirán muelle y otros dentro de la laguna.
 - Por el hecho de que la ubicación prevista para la base de vehículos se encuentra en la zona forestal, habrá deforestación del área correspondiente.

- Impacto en los aspectos sociales y medioambientales (adquisición de tierras, otras compensaciones y asuntos que deben consultarse con el gobierno)
 - Al tratarse de un proyecto, no se prevé que se produzcan reasentamientos involuntarios de los residentes.
 - Base de trenes y tramo llano: Se producirá la adquisición de terrenos y la alteración de los mismos.
 - Tramo elevado: Existe la posibilidad de que se corten los árboles de la calle de franja mediana de la carretera actual, y que se eliminen o reubiquen los parques y monumentos.

- Futuros temas etc.
 - Además, en adelante el proyecto se someterá a los procedimientos de autorización que será necesario incluidas las evaluaciones de impacto ambiental, tal como se estipula la legislación nacional pertinente.
 - También es necesario confirmar y discutir conjuntamente con los organismos gubernamentales y empresarios sobre la necesidad de compensaciones por terrenos y árboles, reubicación y preservación de parques y monumentos, etc.

13. Viabilidad del proyecto

- **Beneficio de las empresas japonesas (posibilidad de participación)**
 - - AGT de las empresas japonesas es muy competitivo como producto. Además, México no es un país emergente, y existe la posibilidad de que se reconozca el valor de los productos de alto valor añadido, por lo que hay una alta posibilidad de participar en el campo de E&M.
 - Desde el punto de vista del factor servicio, hay posibilidad de participar en O&M los fabricantes y operadores ferroviarios japoneses.
 - Aunque es bajo la posibilidad de participación en la parte de ingeniería civil de la infraestructura, se puede considerar que hay un cierto grado de posibilidad de participación en la parte de construcción, ya que las empresas japonesas tienen un cierto logros en México.

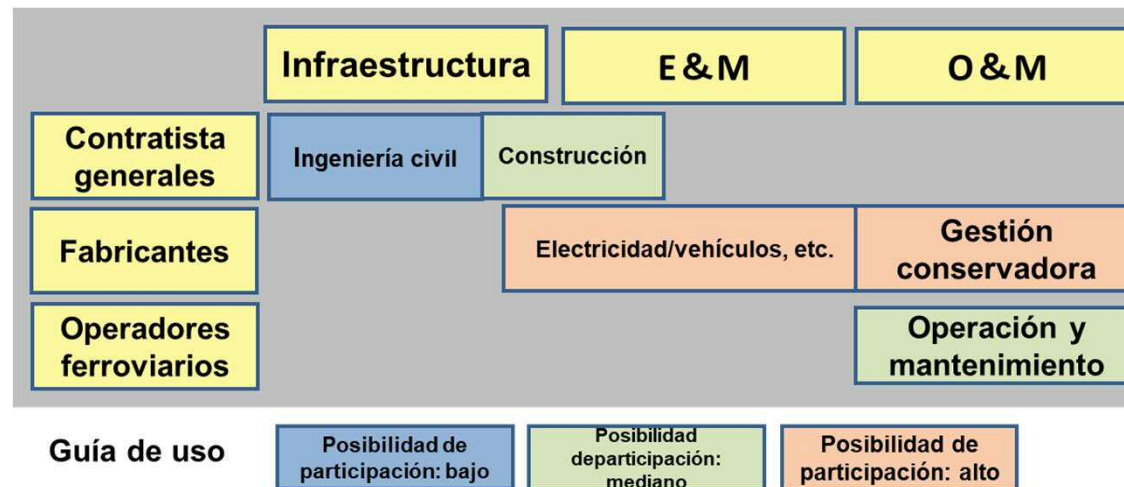


Figura: Imagen de la posibilidad de participación según campo

- **- Beneficio de las empresas japonesas**
 - Se ha confirmado la voluntad de las empresas japonesas de participar en el proyecto, y se puede considerar que hay perspectivas del beneficio.
 - También se puede esperar que la AGT sea eficaz como presentación de la AGT japonesa en América Latina.

14. Resumen

- - Espacio para la participación de las empresas japonesas
 - En una reunión con el AGEPRO, se ha confirmado de que aún no se ha decidido el modo de transporte de esta ruta de estudio y ha confirmado de que desea utilizar el transporte por vías en lugar del BRT. También hemos obtenido una respuesta favorable que desea que las empresas japonesas participaran en el proyecto.
- - Necesidad de AGT
 - En esta ruta de estudio, es necesario construir una red de transporte que se integre con el desarrollo regional.
 - Aunque existen algunas limitaciones de espacio para la introducción del AGT, como la instalación de una estructura elevada en una carretera con una topografía estrecha entre el mar y la laguna, el AGT puede introducirse sin interferir con el tráfico rodado existente, por lo que se considera un sistema adecuado para este proyecto. Sin embargo, existe la posibilidad de que se proponga un sistema de transporte diferente, por lo que es necesario seguir comprobando las ventajas de la introducción del AGT.
- - Previsión de la demanda
 - La previsión de la demanda para esta ruta de estudio, se ha implementado por la red que va desde el centro de la ciudad y el aeropuerto hasta la zona hotelera, y es necesario examinar en adelante, la demanda cuando se desarrolla la red que conecta directamente entre el centro de la ciudad y el aeropuerto.
 - Además, dado que la fijación de tarifas son algo caras, es necesario verificar la idoneidad del método de fijación de tarifas, etc. desde la perspectiva de la futura viabilidad y aceptabilidad del negocio.
- - Examinación básica del sistema de infraestructuras
 - Es necesario examinar los detalles de las especificaciones y la cantidad del sistema que se introducirá en la próxima fase de estudio detallado, y verificar si es posible una mayor reducción de costes seleccionando un sistema AGT a un nivel adecuado a la escala de este proyecto.

14. Resumen

- - Evaluación del proyecto
 - El análisis financiero, el resultado fue que no se puede estimar que sea rentable, si se evalúa el flujo de caja del proyecto como una sola unidad de superior e inferior. Es posible asegurar la rentabilidad del proyecto, a través de la introducción del esquema de APP realizando la compartición de los sectores público y privado y reduciendo el riesgo del sector privado. Sin embargo, es necesario examinar en más adelante más a fondo qué tipo de esquema es aceptable para el sector privado y el gobierno mexicano.
- - Esquema de implementación del proyecto
 - Para garantizar la rentabilidad del sector privado, es necesario inyectar una cantidad considerable de fondos públicos. La construcción será de método de separación superior e inferior, la parte superior se carga parcialmente los costes de introducción, también el sector privado que será principal ejecutor. La parte inferior del proyecto será el proyecto público en México, y se adoptará el método de pago por disponibilidad para reducir el riesgo del principal operador del proyecto. Otra posibilidad es que el sector privado asuma únicamente los costes de operación y mantenimiento adoptando el método de pago por disponibilidad. Es necesario examinar que será implementado como proyecto público y otros, todos los costes de infraestructura e instalación de AGT.
- - Consideración sociomedioambiental
 - Es necesario realizar conjuntamente con organismos gubernamentales y propietarios, la confirmación y consulta sobre los trámites de permisos y licencias que será necesario, la compensación del terreno y los árboles, la reubicación y la preservación de parques y monumentos, etc., incluyendo las evaluaciones de impacto ambiental establecida por las leyes del país correspondiente.
- - Beneficio de las empresas japonesas
 - Se espera que el proyecto atraiga la atención como la presentación del sistema AGT de Japón, y amplíe la presentación del sistema ferroviario japonés en América Latina.

15. Recomendaciones para la realización del proyecto



Como se ha descrito en el [resumen], hay algunas cuestiones en cada uno de los puntos de examinación, y por el hecho de que no ha obtenido un resultado favorable en la evaluación del proyecto, por lo que, para mejorar la viabilidad del proyecto, es necesario realizar en adelante estudios detallados sobre los siguientes puntos.

- - Aspecto de los costes
 - Posibilidad de reducir los costes de E&M (sistema), si se instalan o no las puertas de plataforma etc.
 - Posibilidad de reducir el número de estaciones tras confirmar las intenciones de AGEPRO
- - Rentabilidad
 - Posibilidad de devolver los ingresos no ferroviarios mediante el desarrollo de la zona de la estación basado en el DOT
 - Posibilidad de introducir los beneficios del aumento del número de turistas y el aumento de los ingresos del consumo turístico mediante el desarrollo de AGT
 - Posibilidad de aumentar los ingresos de los pasajeros promoviendo el uso de AGT desde el aeropuerto hasta la zona hotelera
- - Aspectos financieros
 - Adopción de un método de separación superior e inferior y posibilidad de utilizar fondos privados
 - Posibilidad de aplicar el método de pago por disponibilidad para reducir el riesgo del sector privado que será principal entidad ejecutora del proyecto
 - Posibilidad de utilizar las subvenciones del gobierno mexicano