



**ANEXO 10.  
INGENIERÍA BÁSICA**

El presente documento forma parte integrante del Proyecto de Convocatoria a la Licitación Pública Nacional Presencial No. [\*] para la adjudicación de un Contrato Plurianual de Obra Pública a precio alzado y tiempo determinado para la elaboración del proyecto ejecutivo, suministro de materiales y construcción de plataforma y vía del tramo del Tren Maya correspondientes a 254 Km de vía férrea, entre Escárcega (PK 226+000) y Calkiní (PK 480+000).

## **ÍNDICE**

1.	Estudio de Alternativas de Trazo. ....	3
2.	Estudio de Alternativas de Tracción. ....	3
3.	Estudio de Alternativas de Material Rodante.....	3
4.	Cartografía. ....	3
5.	Hidrología, Geohidrología y Drenaje. ....	3
6.	Estaciones. ....	4
7.	Geología, Geotecnia y Geofísica. ....	4
8.	Inventario de vías e instalaciones.....	5
9.	Estudios de Impacto Ambiental, Social y Arqueológicos. ....	5
10.	Estudios de Definición de Trazo.....	5
11.	Terracerías. ....	5
12.	Obras inducidas y servicios afectados. ....	5
13.	Impacto Urbano. ....	5
14.	Estructuras y Túneles.....	6
15.	Afectaciones a vialidades.....	6
16.	Estudio ferroviarios.....	6
17.	Definición de Talleres, Patios y Entorno de Estaciones. ....	7
18.	Catálogo CAPEX y OPEX. ....	8
19.	Planificación de Proyecto y Obra. ....	8
20.	Interfaces. ....	8
21.	Documentación complementaria para la licitación de los proyectos de inversión mixta... 8	

El presente Anexo describe el contenido de la información y documentación de la Ingeniería Básica que será entregada a los interesados en participar en la presente convocatoria para la elaboración de su proposición.

La información que se entrega de la Ingeniería Básica está compuesta por 21 estudios o grupos de documentos que se describen a continuación.

#### **1. Estudio de Alternativas de Trazo.**

El documento entregado contiene un análisis cuantitativo y cualitativo de las posibles rutas a seguir en cada uno de los tramos descritos en el que se determine las obras asociadas a las diferentes rutas sobre la obtención de imágenes satelitales de al menos 50 cm de resolución que incluya un modelo de terreno de algún operador de satélite comercial. También incluye una evaluación de los costos paramétricos y una matriz de evaluación para las diferentes posibilidades y recomendaciones para la toma de decisión, así como un avance en la definición del trazo definitivo.

#### **2. Estudio de Alternativas de Tracción.**

Este estudio contiene un análisis comparativo de las dos opciones (diésel o eléctrica) desde el punto de vista económico, funcional, ambiental y de sostenibilidad, teniendo en cuenta las tecnologías existentes en México, la futura expansión de la ruta y posibles conexiones con líneas existentes. Además, incluye un análisis de las dos opciones considerando los estudios de demanda y los requerimientos de explotación de la ruta.

#### **3. Estudio de Alternativas de Material Rodante.**

Se presenta un estudio de los tipos de material móvil presentes en el mercado que sean aptos para la prestación de los servicios en un principio planteados para el proyecto a la luz de los resultados de los estudios de demanda. También contiene las características de un tren tipo de carga y viajeros para poder avanzar en los estudios de operaciones y se definen los gálibos de referencia que permitan diseñar la infraestructura.

Además, se incluye un estudio de interoperabilidad incluyendo la determinación de si el material rodante que operará sea totalmente nuevo o se permitirá también la circulación de materiales provenientes de la red existente.

#### **4. Cartografía.**

La información que se presenta por parte de la cartografía es el resultado del levantamiento aéreo, apoyo terrestre y procesamiento de datos LiDAR así como los resultados de la aerotriangulación, restitución y ortorectificación y del ortomosaico digital.

#### **5. Hidrología, Geohidrología y Drenaje.**

Se entrega la información relativa a los siguientes estudios:

- a) Estudio hidrológico: Este estudio contiene los caudales máximos de diseño para los distintos periodos de retorno (Tr). Contiene también la localización de las estaciones climatológicas e hidrométricas en el sitio con la finalidad de extraer los datos de precipitación, análisis

estadístico de los datos máximos diarios por año de registro de precipitación, delimitación de las cuencas de aportación a nivel regional en la zona de estudio, caracterización fisiográfica de las cuencas regionales, estimación de los parámetros hidrológicos y estimación de los caudales máximos de diseño asociados a diferentes periodos de retorno mediante los modelos lluvia escurrimiento y elaboración de los planos de cuencas delimitadas en el formato establecido.

- b) Estudio Geohidrológico: Este estudio contiene la estratigrafía, geología regional y unidades litoestratigráficas, modelo conceptual del funcionamiento del acuífero, resultados de los SEV, la geología estructural, sedimentología, tectónica e historia geológica, análisis de la calidad del agua subterránea y censo de aprovechamientos hidráulicos, elaboración de planos geológicos regionales y mapas de resistividad a varias profundidades y determinación de riesgo por presencia de cenotes.
- c) Estudio hidráulico del drenaje: Este estudio contiene los detalles tipo de las obras de drenaje transversal, funcionamiento hidráulico de las obras de drenaje transversal que cumpla con la norma vigente para velocidad permisible y erosión en la descarga y dimensionamiento preliminar de las obras de drenaje longitudinal sobre el levantamiento topográfico realizado a escala 1:1,000 que permita desalojar el agua con seguridad y eficiencia sin que se afecte la estabilidad de los terraplenes y garantice la vida útil de proyecto además de un análisis de riesgo de inundación.

## **6. Estaciones.**

El estudio de alternativas de ubicación de las estaciones contiene la definición de un programa funcional con indicación de los requerimientos del entorno urbano y de los distintos recintos interiores, locales técnicos y de operación. La definición de la disposición general de los elementos de la estación y también la especificación y valoración de todas las instalaciones de los edificios de las estaciones y de las áreas exteriores.

## **7. Geología, Geotecnia y Geofísica.**

Los estudios que se presentan como parte de la información realizada son los siguientes:

- a) Estudio Geológico: Contiene el levantamiento geológico, registros de datos estructurales y rasgos geológicos, toma de registro fotográfico y mapeo de discontinuidades litológicas en afloramientos existentes. Contiene también, los mapas de riesgo geológicos, indicando las zonas de inestabilidad y las principales estructuras geológicas como son fallas, fracturas, estratos, diaclasas, estratificación, etc.
- b) Estudio Geotécnico: Contiene la definición de la estratigrafía del sitio y las propiedades geotécnicas a emplear en el diseño, así como procedimientos generales de construcción del tren. Contiene un informe fotográfico, perfiles estratigráficos de sondeos y PCAs y tablas con los resultados de los ensayos de laboratorio, memorias de cálculo y espectros de sitio. Además, contiene un informe técnico por tramo con toda la información obtenida de los trabajos de campo y laboratorio.
- c) Estudio de Banco de Materiales: Contiene el levantamiento de bancos, descripción de los materiales y volúmenes aprovechables de cada uno de los materiales, reporte fotográfico,

obtención de muestras, transporte de muestras al laboratorio y especificaciones de calidad de materiales para pavimentos.

**8. Inventario de vías e instalaciones.**

Este inventario contiene la relación de las vías de comunicación e infraestructuras existentes en el ámbito del Tren Maya y tramos anexos que pudiesen tener influencia en el mismo, relacionado a la cartografía y topografía y al cadenamiento actual de la vía existente. También contiene fichas técnico-descriptivas y reporte fotográfico e informe de recomendaciones y aprovechamiento de la infraestructura ferroviaria existente.

**9. Estudios de Impacto Ambiental, Social y Arqueológicos.**

Contiene la información relativa a los estudios ambientales, sociales y arqueológicos elaborados. Además, los estudios acústico y de vibraciones y las propuestas de medidas preventivas y correctoras.

**10. Estudios de Definición de Trazo.**

Contiene la propuesta definitiva de trazo mediante el análisis simultáneo de la planta, perfil y secciones tipo tomando en consideración las exigencias geométricas y el informe ejecutivo del levantamiento topográfico y el diseño geométrico. Contiene también los planos con los perfiles longitudinales a escala 1:1,000 en horizontal y 1:100 en vertical. Incluye también la definición del confinamiento de la vía con los puntos de acceso identificados y la distancia entre los mismos.

**11. Terracerías.**

La información presentada contiene un informe de reconocimiento geotécnico del corredor, estudio de espesores, volúmenes, zona de procedencia y destino de los materiales, comprobación de su idoneidad para su utilización en la obra. También contiene planos de representación gráfica mediante curva masa (compensación transversal y longitudinal, volúmenes de corte y de relleno, indicando las zonas de origen y destino y distancias de transporte), y el estudio de recomendación de la maquinaria y balance en función del volumen de material necesario.

**12. Obras inducidas y servicios afectados.**

Este estudio contiene un croquis en base en la información disponible que facilite la identificación de los mismos, junto con una memoria que identifica cada uno de los servicios afectados y obras inducidas especificando claramente el nombre de la compañía y la tipología del servicio afectado. Además, un estudio de la afección y reposición de gasoductos, alta, media y baja tensión, alumbrado, tuberías de agua potable, tuberías de riego, canales de riego, tuberías de alcantarillado sanitario y pluvial, fibra óptica y cableado de telecomunicaciones. Para la elaboración de este estudio, se ha cumplido con las prescripciones mínimas establecidas con los propietarios/operadores de los servicios, y se incluirán las volumetrías resultantes y costes de todos y cada uno de los servicios a reestablecer.

**13. Impacto Urbano.**

El estudio de impacto urbano y vial contiene un dictamen de posibles influencias o alteraciones negativas causadas al entorno urbano con el fin de establecer las medidas adecuadas para la prevención, mitigación y/o compensación.

#### **14. Estructuras y Túneles.**

Este apartado consta de dos proyectos básicos que se describen a continuación:

- a) Proyecto Básico de Estructuras: Contiene la definición de la tipología estructural y materiales a utilizar en el diseño y construcción de los viaductos, túneles, obras de drenaje, obras de contención y edificación de modo que se obtenga una imagen atractiva, coordinada con arquitectura y urbanismo. Se complementa con planos de cada estructura donde se define de forma clara, la ubicación sobre el levantamiento topográfico realizado a escala 1:1,000, dimensiones generales en planta y elevación, sección transversal, materiales a emplear y notas generales. Estos planos y memorias de cálculo de cada estructura están realizadas a un nivel de detalle de ingeniería básica que permite al menos la comprensión total de cada elemento así como poder realizar una cuantificación del costo de los elementos que las componen.
- b) Proyecto Básico de Túneles: Contiene el perfil geológico y geotécnico con indicación de la litología, estructura e hidrogeología de los terrenos atravesados. Contiene también una propuesta justificada de sección en los túneles, así como la definición geométrica completa de los espacios que deben albergar las obras. Se define el aspecto estructural de las obras y la propuesta y justificación del procedimiento constructivo a emplear, para garantizar la viabilidad de su ejecución. Además se incluye la definición de la planta y alzado sobre el levantamiento topográfico realizado a escala 1:1,000 en donde se especifican los gálibos propuestos y justificando la viabilidad de su construcción y explotación. También se establecen las secciones tipo considerando el gálibo del material rodante y el resto de sistemas que deban albergar.

#### **15. Afectaciones a vialidades.**

El estudio en materia de afectaciones contiene el análisis de las afectaciones a las carreteras y caminos existentes, alternativas de solución para cada cruce considerando las características de capacidad vehicular de la vialidad, análisis del entorno del cruce y propuesta de soluciones acorde a la rasante de la vía del tren, la importancia del camino existente y las condiciones topográficas. Se acompaña de planos en planta y perfil de la solución adoptada, volúmenes de obra y tipologías de la solución estructural.

#### **16. Estudio ferroviarios.**

Dentro de los estudios ferroviarios que forman parte de la documentación a entregar se encuentran los siguientes:

- a) Estudio de Operaciones: Contiene el plan de operación que satisface la demanda proyectada, tanto de pasajeros como de carga calculando las marchas tipo de los trenes y sus mallas asociadas y efectuando simulaciones de las operaciones para un día pico representativo de las operaciones del año 1, 10, 20, 30, 40 y 50 desde el inicio de las operaciones. Contiene también el diseño de un sistema de seguridad RAMS (Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad, Seguridad) elaborado para el diseño, operación y mantenimiento del sistema ferroviario en general según las normas UNE-EN50126, 50128 y 50129. En este estudio también se analiza la conveniencia del confinamiento de la línea en

toda su longitud justificando el no confinamiento allí donde no se considere necesario u oportuno, determinando los puntos de acceso y la distancia entre los mismos.

- b) Estudio de Plataforma y vía: Contiene la definición del sistema o sistemas de vía escogidos, en base a las especificaciones de geometría de la banqueta de balasto, o de la placa de vía en su caso, calidad del balasto, calidad de la plataforma, secciones tipo en trayecto, en estaciones, en túneles y en viaductos (definiendo los gálibos, entrevías mínimas, ancho de plataforma, pendiente transversal), tipo de riel, durmientes en su caso, fijaciones, inclinaciones del carril y aparatos de vía (velocidad de paso por vía desviada y vía directa, tipo de cruzamiento y agujas).
- c) Estudio de señalamiento, comunicaciones y seguridad: Contiene la toma de datos inicial y análisis de alternativas en el que se tiene en cuenta el análisis costo beneficio, tráfico esperado, potenciales interconexiones esperadas, disponibilidad de energía, tipología de tráfico y material rodante, facilidad de mantenimiento y operación, escalabilidad, durabilidad, fiabilidad y seguridad.
- d) Estudio de Tracción: Contiene una proposición y estimación de cantidades de los elementos principales además de especificaciones funcionales, técnicas generales y normas a tener en cuenta así como planos de secciones tipo, vano tipo y cantón tipo y esquemas unifilares. Contiene también un nivel de desarrollo de la ingeniería del sistema para la tracción eléctrica que sirva de base considerando aspectos como el mantenimiento y el desgaste, la operación y la coordinación con el material rodante propuesto.
- e) Estudio de Sistema Eléctrico: Contiene la definición del sistema de alimentación y distribución de alta/media tensión, la distribución en media tensión, subestaciones de tracción, distribución de tracción en la línea, distribución de tracción en talleres y cocheras, subestaciones de alumbrado y fuerza y distribución de alumbrado y fuerza en estaciones, interestaciones, taller y cocheras.
- f) Estudio de Material Rodante: Especificaciones técnicas completas para el material rodante de servicios de viajeros y carga.
- g) Estudio del modelo de explotación: Contiene la propuesta del modelo de explotación, tiempos de viaje preliminares, capacidad de transporte, frecuencias de servicio, propuesta de niveles de servicio, flexibilidad en la operación, propuesta de organización del personal de la operación, plan de explotación (operación y mantenimiento) y plan preliminar de desarrollo comercial contemplando dos escenarios diferentes de puesta en servicio parciales por tramos y subtramos además del escenario de puesta en servicio global de toda la línea.

#### **17. Definición de Talleres, Patios y Entorno de Estaciones.**

El proyecto básico de instalaciones de talleres, patios, entorno de estaciones e instalaciones electromecánicas contiene la planta general de las instalaciones con trazado de las vías ferroviarias, urbanización de las áreas exteriores, definición de viales y zonas de estacionamiento de vehículos rodados, ubicación y dimensiones de las diferentes naves y edificios y definición del vial de acceso al recinto. Incluye también una valoración total y definición básica de las instalaciones junto a una estimación de coste. Se define la forma, ubicación en planta sobre el levantamiento topográfico

realizado a escala 1:1,000 y la distribución interior de las instalaciones necesarias, muelle de carga y almacenes e instalaciones de suministro de combustible y todo lo suficiente para servir de base al desarrollo del proyecto ejecutivo. Se adjuntan evidentemente planos a la escala más adecuada en cada caso.

**18. Catálogo CAPEX y OPEX.**

Se incluye entre la información facilitada, los catálogos CAPEX y OPEX:

- a) Catálogo CAPEX: Contiene los costos de construcción, infraestructuras de operación, presupuesto socio ambiental y adquisición de terrenos. Se incorpora además el presupuesto de obra ya que éste, debe contemplar en su integración la inclusión y descripción de los conceptos que lo integran.
- b) Catálogo OPEX: Contiene el costo de mantenimiento y conservación, costos de operación y costos de diseños necesarios, presentes y futuros. Se contemplan también dos escenarios diferentes de puesta en servicio parciales por tramos y subtramos además del escenario de puesta en servicio global de toda la línea.

**19. Planificación de Proyecto y Obra.**

Contiene los siguientes planes:

- a) Plan de Obra: Contiene la programación indicativa de trabajos con rendimientos de las distintas unidades de obra y su valoración. Además, las interrelaciones entre las diversas actividades, el plazo parcial de cada una de ellas, las unidades que se consideren críticas y el plazo total de ejecución.
- b) Plan de Proyecto Ejecutivo: Contiene la programación indicativa de trabajos con rendimientos de las distintas unidades de obra y su valoración. Además, las interrelaciones entre las diversas actividades, el plazo parcial de cada una de ellas, las unidades que se consideren críticas y el plazo total de ejecución.

**20. Interfaces.**

El plan de gestión de interfaces contiene la definición y aplicación de una metodología adecuada de modo que las interfaces permanezcan monitoreadas y controladas. Además, contiene una identificación y definición de las interfaces a resolver y los responsables de su resolución y una metodología para su gestión.

**21. Documentación complementaria para la licitación de los proyectos de inversión mixta.**

Contiene los siguientes documentos:

- a) Términos de referencia: contienen las bases para el desarrollo del proyecto ejecutivo describiendo lo necesario para su elaboración mediante metodología BIM en todas sus especialidades, indicando los requerimientos para cada una de ellas, así como especificaciones generales particulares y normatividad aplicable.
- b) Presupuesto de obra por componente de servicio: Contiene el presupuesto de obra desglosado por obra elemental y actividad y, conceptos por unidad. Se entrega en dos





**Proyecto de Convocatoria**  
**Licitación Pública Nacional Presencial No. [\*]**

---

versiones: una con unidad de medida, cantidad y precios unitarios y otra versión solo con unidad de medida.