

# Proyecto para el tren interurbano México -Toluca



## Esquema de la presentación

- 1) Resumen de las principales características del proyecto
- 2) Descripción del trazado
- 3) Principales soluciones estructurales para viaductos en EDO y CDMX
- 4) Túnel entre el EDO y CDMX
- 5) Tipologías de estaciones
- 6) Talleres y cocheras
- 7) Sistemas ferroviarios



## Resumen de las principales características del proyecto



LONGITUD TOTAL:	57 KM
TRAMO 1: ZINACANTEPEC - LERMA	36 KM
TRAMO 2: BI-TUNEL	4 KM
TRAMO 3: SANTA FE - OBSERVATORIO	17 KM

NUMERO DE ESTACIONES: 6  
 Est. Terminales 2 - Est. Intermedias 4  
 Zinacantepec: Elevada 0+300  
 Pino Suarez (Terminal de autobuses): Elevada 6+173  
 Tecnológico (Metepec): Elevada 13+258  
 Lerma: Elevada 19+542  
 Santa Fe: Elevada 49+191  
 Observatorio: Elevada 57+634

RESUMEN LONGITUDES:  
 Túnel Doble Vía : 4 540 m  
 Viaducto: 48 000 m  
 Tramo en Superficie: 4 300 m



## Resumen de las principales características del proyecto



### PARÁMETROS OPERATIVOS

VELOCIDAD MÁXIMA: **160** KM/H

VELOCIDAD COMERCIAL: **90** KM/H

TIEMPO DE RECORRIDO:  
TERMINAL A TERMINAL  **39** MIN

### DEMANDA



**230,000**  
PASAJEROS

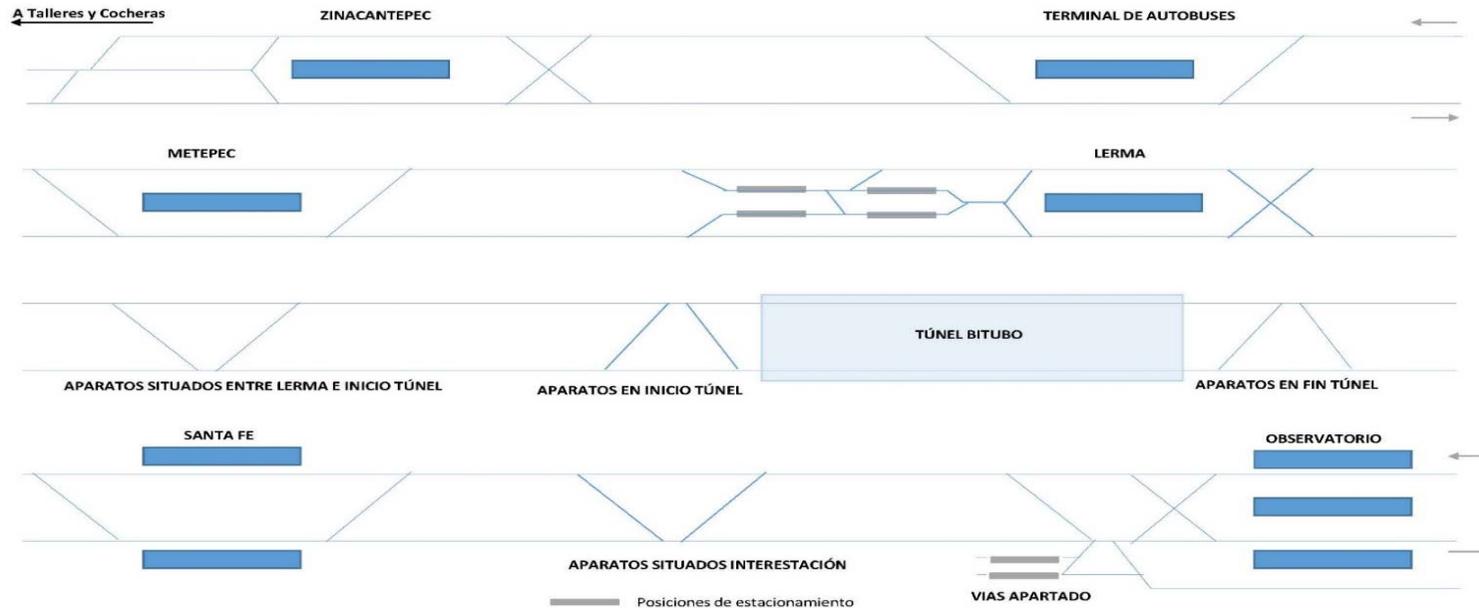


**540,000**  
PASAJEROS EN 2048



# Resumen de las principales características del proyecto

## Frecuencia de servicio y esquema de vías



Frecuencias del servicio:

Entre Lerma y Observatorio: 3.5 min  
Entre Zinacantepec y Lerma: 7.0 min

Frecuencias del servicio en situación degradada: 15 min



## Descripción del trazado - Parámetros

### Trazado en planta:

- Parámetros de diseño para 160 Km/h
- Limitación en diseño geométrico en la CDMX por dificultades orográficas y urbanas. Reducción de la velocidad de diseño a 120 Km/h-140 Km/h
- Trocha (escantillón) será de 1,435 mm
- Curvas de transición mediante enlaces tipo clotoides

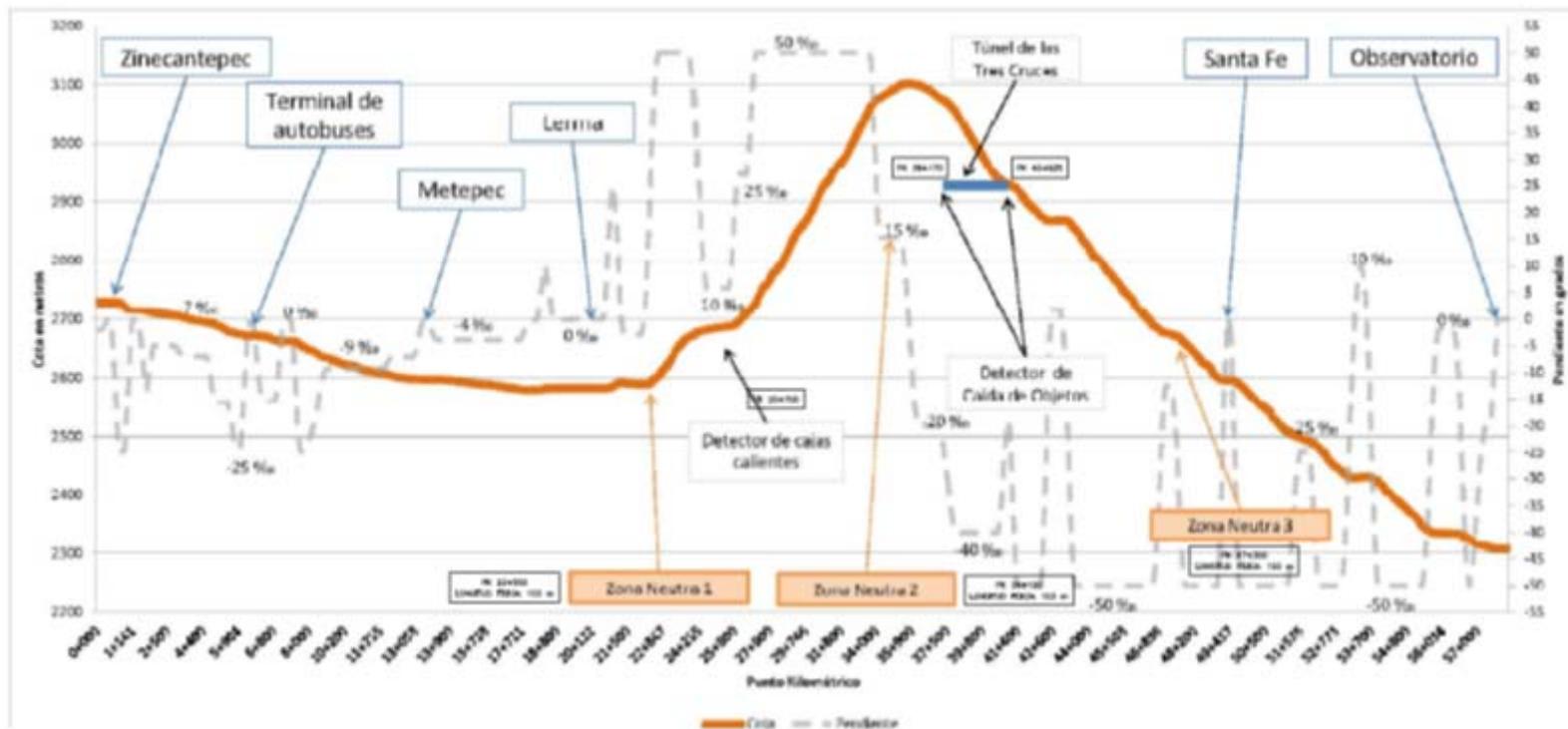
<b>Aceleración sin compensar</b>	$a_{q\text{máx}} \cdot (\text{m/s}^2)$	Normal	0.65 m/s <sup>2</sup>
		Excepcional	0.98 m/s <sup>2</sup>
<b>Insuficiencia de peralte</b>	$l_{\text{máx}} \cdot (\text{mm})$	Normal	100 mm
		Excepcional	150 mm
<b>Variación del peralte con el tiempo</b>	$[dD/dt]_{\text{máx}} \cdot (\text{mm/s})$	Normal	30 mm/s
		Excepcional	50 mm/s
<b>Variación de la insuficiencia de peralte con el tiempo</b>	$[dl/dt]_{\text{máx}} \cdot (\text{mm/s})$	Normal	30 mm/s
		Excepcional	55 mm/s
<b>Rampa de peralte</b>	$dD/l_{\text{máx}} \cdot (\text{mm/m})$	Normal	0.8 mm/m
		Excepcional	2.0 mm/m
<b>Variación de la aceleración sin compensar</b>	$[da_q/dt]_{\text{Máx}} \cdot (\text{m/s}^3)$	Normal	0.20 m/s <sup>3</sup>
		Excepcional	0.36 m/s <sup>3</sup>



# Descripción del trazado - Parámetros

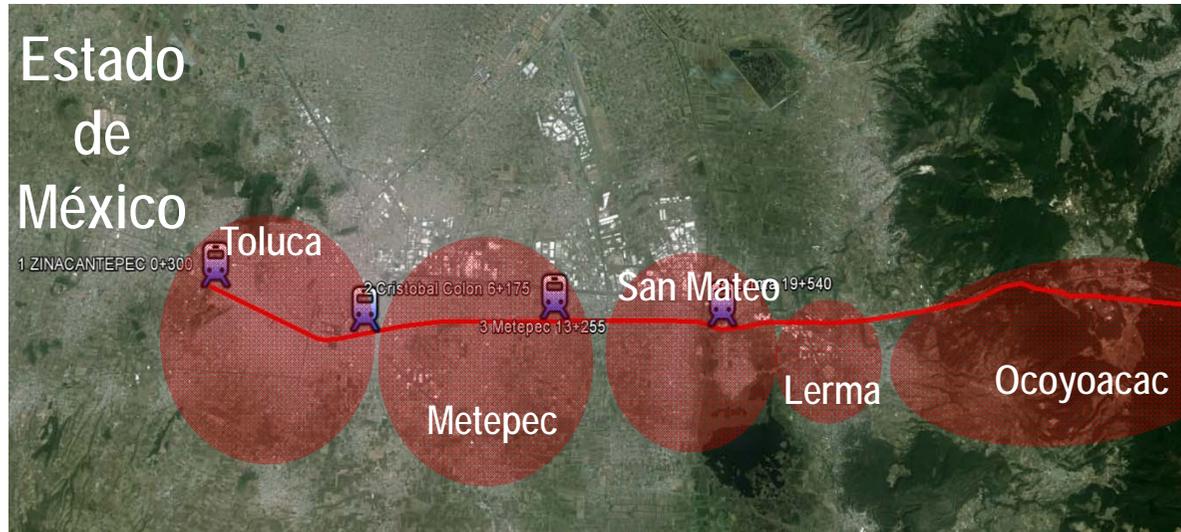
## Trazado en alzado

- Fuertes dificultades orográficas que obligan al empleo de pendientes superiores a lo habitual para este sistema de transporte. Pendiente máxima del 5%
- Transiciones entre pendientes mediante acuerdos verticales parabólicos





# Descripción del trazado - Ocupación en el EDO



## Municipio Toluca

Inicio: P.K. 0+000

Final: P.K. 6+800

Longitud: 6.80 Km 11.79% de la longitud total

## Municipio Metepec

Inicio: P.K. 6+800

Final: P.K. 14+200

Longitud: 7.40 Km 12.82% de la longitud total

## Municipio Ocoyoacac

Inicio: P.K. 21+700

Final: P.K. 36+200

Longitud: 14.50 Km 25.13% de la longitud total

## Municipio San Mateo

Inicio: P.K. 14+200

Final: P.K. 19+100

Longitud: 4.90 Km 8.49% de la longitud total

## Municipio Lerma

Inicio: P.K. 19+100

Final: P.K. 21+700

Longitud: 2.60 Km 4.51% de la longitud total



## Descripción del trazado - Ocupación en CDMX



### Delegación Cuajimalpa

Inicio: P.K. 36+200 (Inicio del Túnel)  
Final: P.K. 49+600 (Pasando Estación No. 5 Santa Fe)  
Longitud: 13.40 Km 23.22% de la longitud total

### Delegación Álvaro Obregón

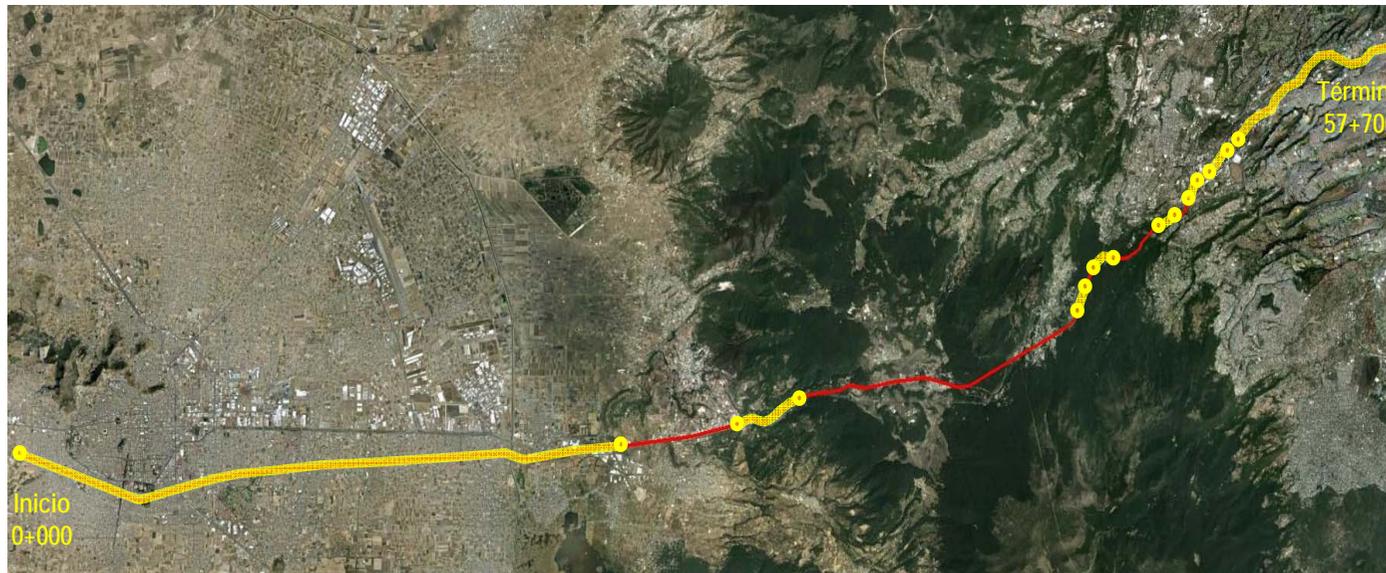
Inicio: P.K. 49+600 (Pasando Estación No. 5 Santa Fe)  
Final: P.K. 57+700 (Final Estación No. 6 Observatorio)  
Longitud: 8.10 Km 14.04% de la longitud total

### Total

Longitud: 21.50 Km 37.26% de la longitud total



# Principales soluciones estructurales para viaductos



## RESUMEN

Total de Longitud

**48,3** Kilometros

84 %



Indica sección de viaducto

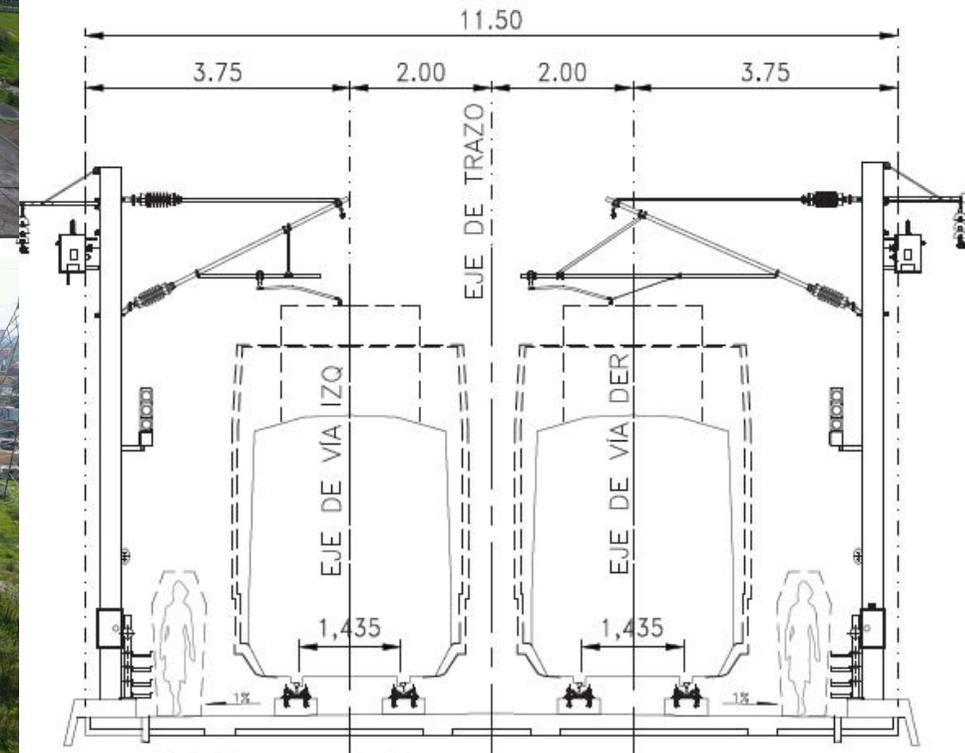




## Principales soluciones estructurales para viaductos



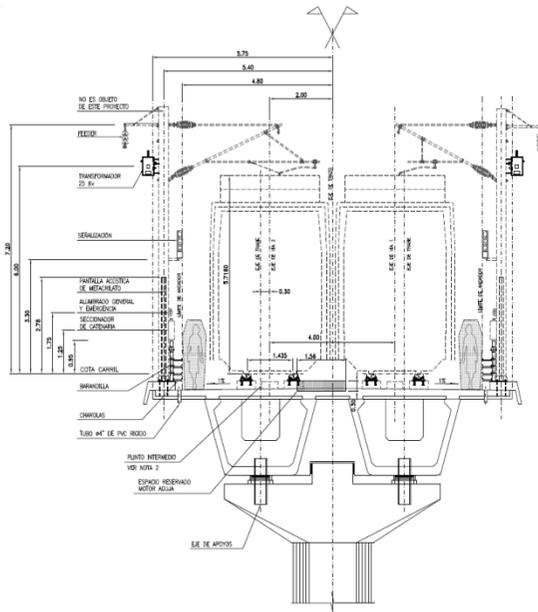
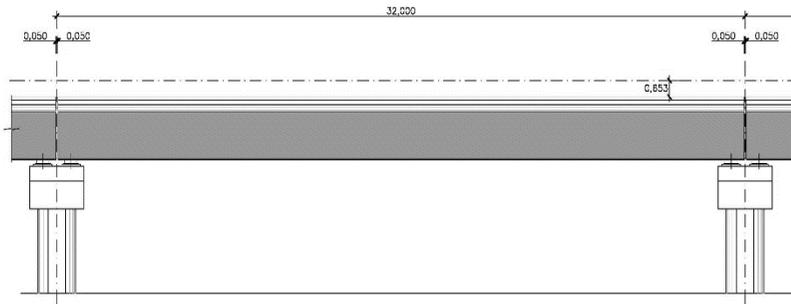
Características geométricas de la sección de viaducto





# Principales soluciones estructurales para viaductos

## Tipología de viaducto prefabricado



LONGITUD TOTAL DE VIADUCTO PREFABRICADO: 38 Km  
 ANCHURA DE TABLERO 11.50 m  
 GALIBO INFERIOR MIN. 5.50 m  
 LONGITUDES DE TRABES ISOSTÁTICAS ADOPTADAS 27 / 30 / 32 / 35 y 40m  
 TRAMOS SINGULARES CON CONTINUIDAD DE 33+44+33m

Sistema constructivo:

- Montaje con grúas desde el suelo
- Alturas bajas (H<30 m)
- Sistema rápido y eficiente.
- Permite múltiples frentes de avance





# Principales soluciones estructurales para viaductos

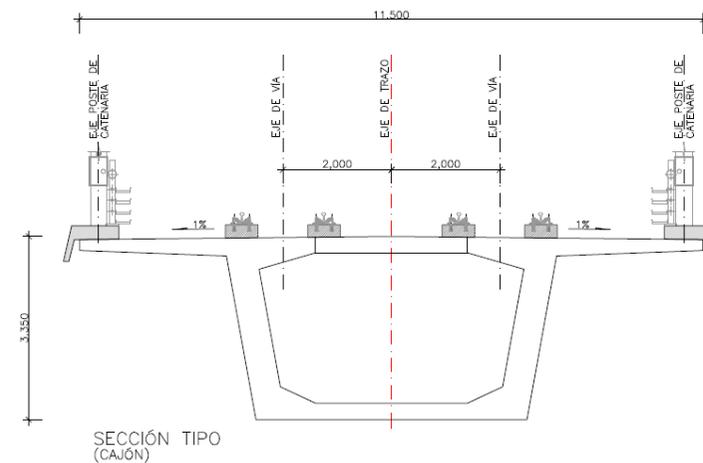
## Tipología de viaducto ejecutado con autocimbra



LONGITUD A EJECUTAR CON AUTOCIMBRA: 3.54 Km  
 ANCHURA DE TABLERO 11.50 m  
 GALIBO INFERIOR MIN. 5.50 m  
 LONGITUDES DE CLAROS ISOSTÁTICOS 35 / 40 y 45m

Sistema constructivo:

- Tableros Isostáticos de canto constante 3.35m
- Luces hasta 45 m
- Maquinaria automotriz
- Construcción desde la estructura ya ejecutada
- Sección Cajón ejecutada en 2 fases
- 1 único frente por autocimbra





# Principales soluciones estructurales para viaductos

## Tipología de viaducto de voladizos sucesivos



3 VIADUCTOS DE CONCRETO CONSTRUIDOS POR VOLADIZOS SUCESIVOS (950m de viaductos de doble voladizo)

-Hondonada del Agrónomo: 60+100+60 m

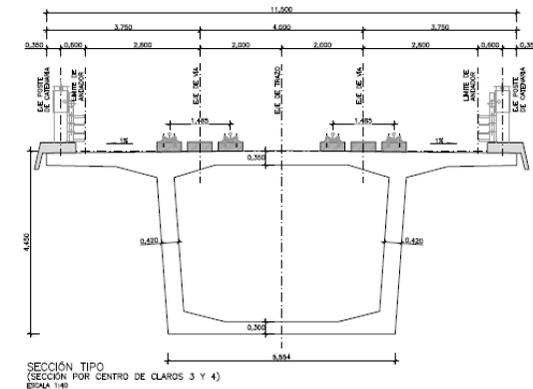
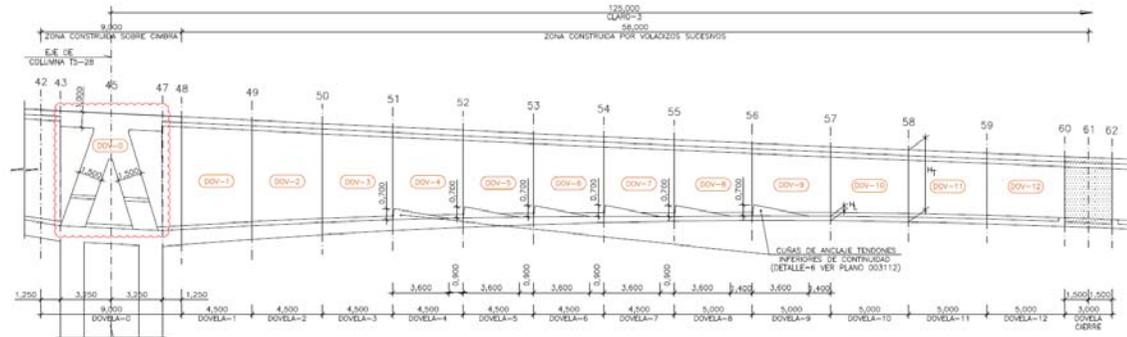
-Viaducto del Manantial de Conagua: 45+80+125+125+80+45m

-Viaducto sobre la presa Tacubaya: 61.3+100+61.3 m

ANCHURA DE TABLERO 11.50 m

Sistema constructivo:

- Tablero continuo de canto variable
- Luces hasta 125 m
- Esbelteces de hasta 1/28 en centro de vano
- Sección Cajón





## Principales soluciones estructurales para viaductos

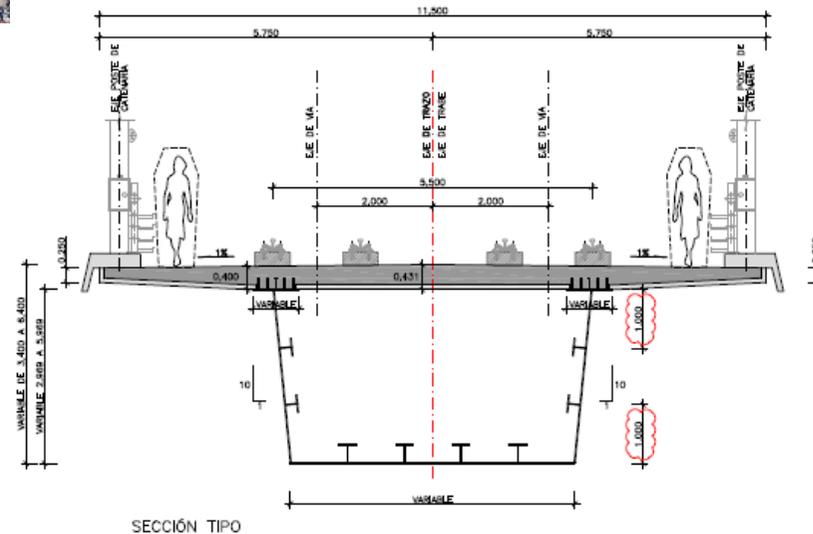
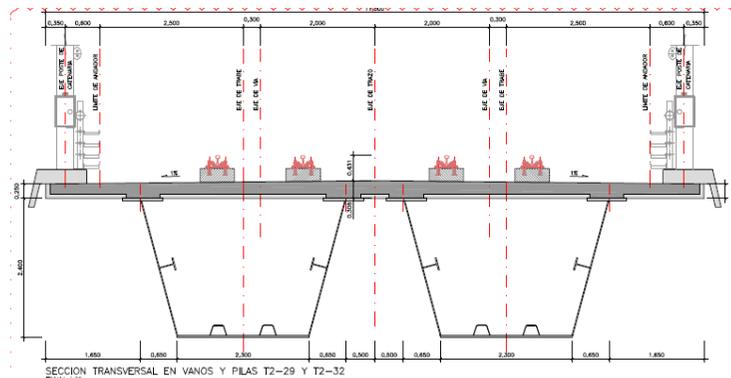
### Tipología de viaducto mixto



- 4 VIADUCTOS MIXTOS (1129m de tableros mixtos)
- Mixto 01 y 02: 40+48+40 m
  - Mixto 03: 45+47.5+95+57.5m
  - Viaducto Mixto Santa Fe: 50.8+64+74+89+66+66+66+89+63 m
- ANCHURA DE TABLERO 11.50 m

Sistema constructivo:

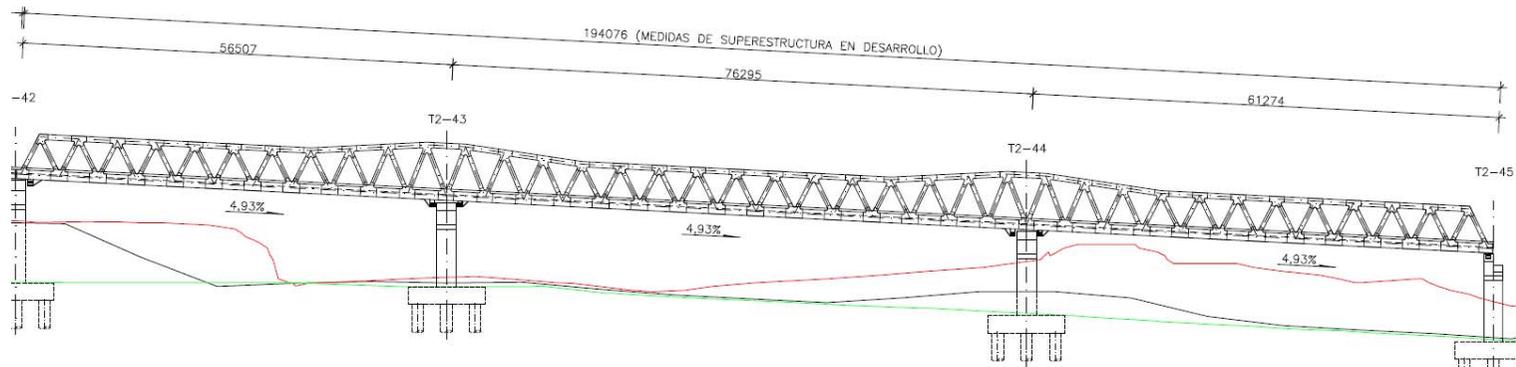
- Tablero continuo de canto variable
- Luces hasta 95 m
- Esbelteces de hasta 1/27 en centro de vano
- Sección Cajón Metálica + Losa de compresión y doble acción mixta





# Principales soluciones estructurales para viaductos

## Tipología de viaducto de celosías metálicas

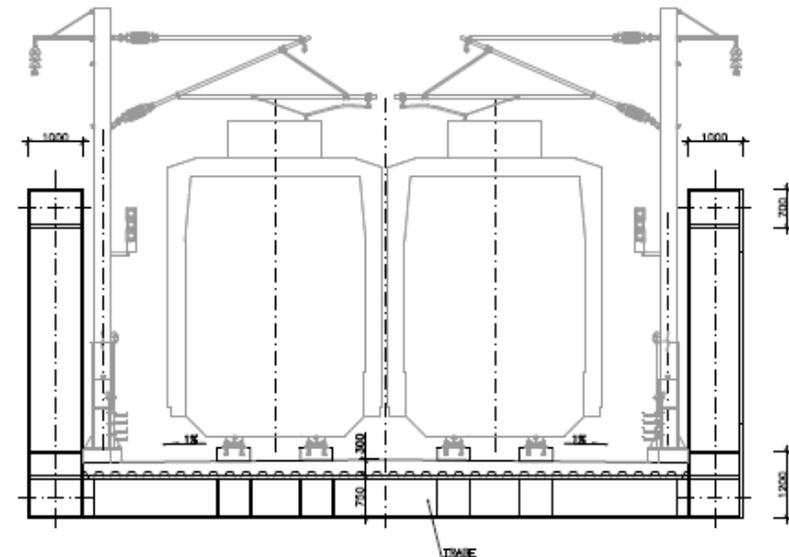


### 3 CELOSÍAS METÁLICAS (440m de Celosías Metálicas)

-CELOSÍA METÁLICA 01:	55.5+75+60.6 m
-CELOSÍA METÁLICA 02:	46+55.5+75+60.6m
-VIADUCTO DE LA HÍPICA:	60.6+75+55.5 m
ANCHURA DE TABLERO	13.00 m

### Sistema constructivo:

- Zonas de gálibo reducido (canto estructura bajo carril 1.50m)
- Tablero continuo construido por fases
- Luces hasta 75 m
- Cordones conformados mediante secciones armadas huecas
- Diagonales y Travesaños perfiles armados abiertos





# Principales soluciones estructurales para viaductos

## Tipología de viaducto con dovelas prefabricadas

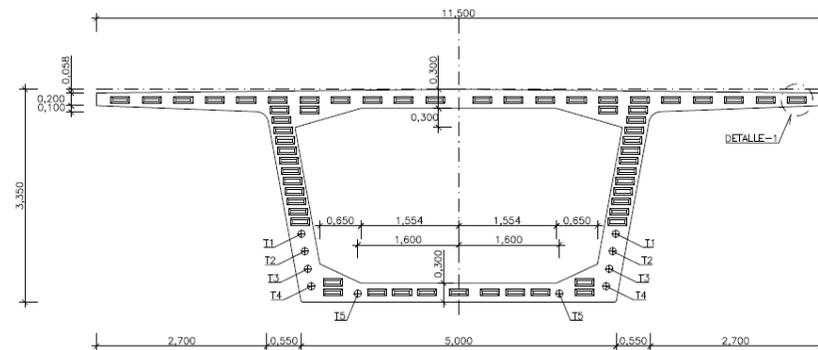


### SOLUCIÓN ALTERNATIVA A LA EJECUCIÓN MEDIANTE AUTOCIMBRA

LONGITUD A PREFABRICAR: 3.54 Km  
 ANCHURA DE TABLERO 11.50 m  
 GALIBO INFERIOR MIN. 5.50 m  
 LONGITUDES DE CLAROS ISOSTÁTICOS 35 / 40 y 45m

Sistema constructivo:  
 Tableros Isostáticos de canto constante 3.35m  
 Luces hasta 45 m  
 Maquinaria automotriz  
 Construcción desde la estructura ya ejecutada  
 Sección Cajón  
 Peso máximo: 83 T/dovela

Ventajas	Inconvenientes
Rapidez de ejecución. Ritmo de 3-4 días por claro. Se llegará a alcanzar el ritmo de 2 claros por semana (por equipo).	Sistema constructivo muy tecnológico que requiere de una experiencia y conocimiento profundo de la técnica.
Proceso industrializado que proporciona un acabado de buena calidad	Fuerte inversión inicial en moldes, medios de transporte,
Buena adaptación a la geometría del trazo (curvatura y pendientes)	Requiere una adaptación del proyecto del tablero, pero no de las columnas y cimentaciones.
Requiere el transporte de elementos de moderada dimensión (3,5x11x3.2) y peso 60-80 Tn	Tiempo de inicio de la ejecución de unos 8 meses desde que se contrata hasta que se inicia el montaje de dovelas en la obra
	Sistema constructivo con un frente de avance por medio auxiliar (viga lanzadora)

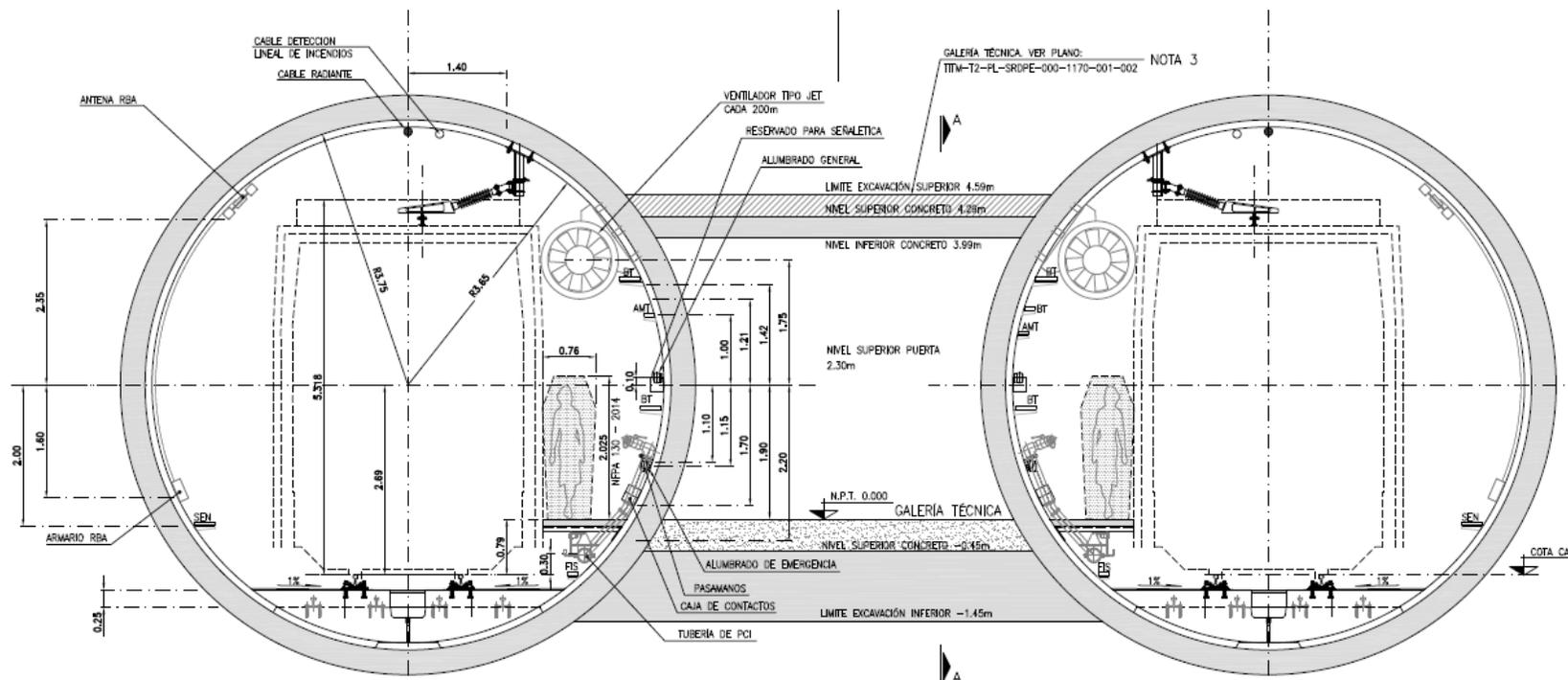




# Túnel entre el EDO y CDMX

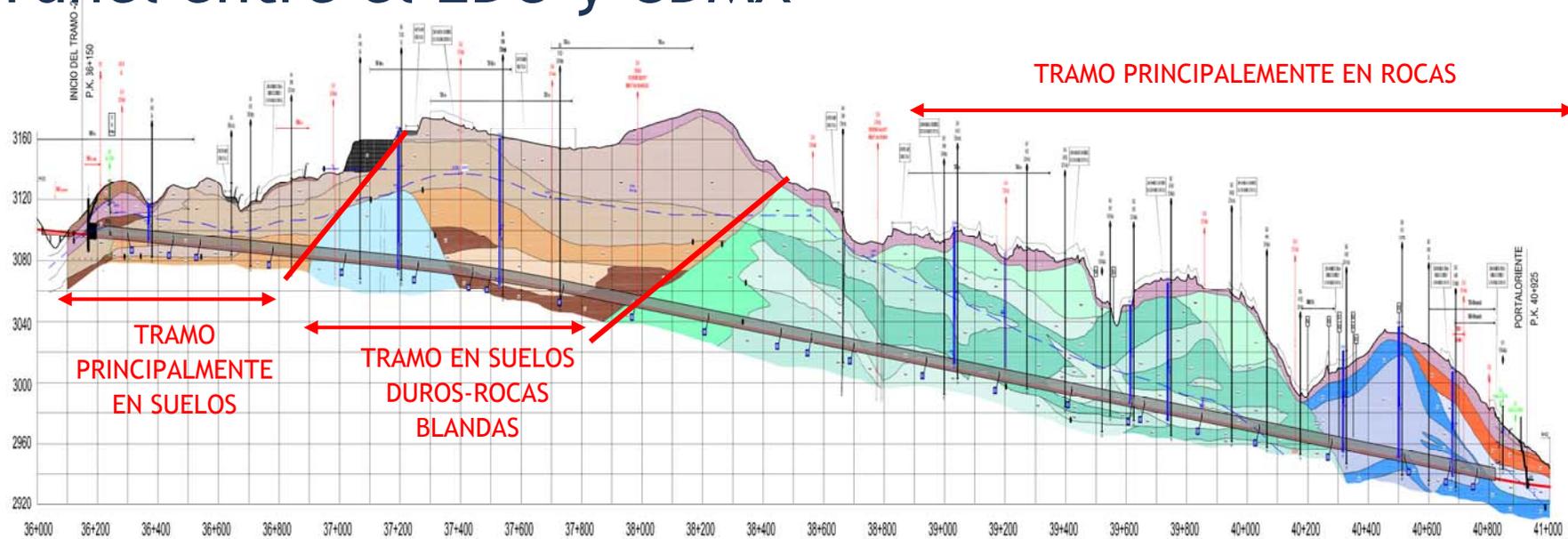
## CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Longitud del Tramo 2: desde el cad. 36+150 al 41+217,286
- Como características relevantes del tramo las siguientes:
  - 4,8 km de túnel bitubo ejecutado con TBMs
  - Diámetro interior 7.50 metros.
  - Separación entre túneles de 24.0 metros
  - Galerías de conexión cada 250 m





# Túnel entre el EDO y CDMX



## UNIDADES GEOTÉCNICAS DE SUELOS:

- UG-1: Rellenos antrópicos y vertidos
- UG-2: Suelos arenosos y limosos flojos a moderadamente densos
- UG-3: Toba areno-limosa y limo-arcillosa completamente alterada
- UG-4: Aglomerados andesíticos, tobas y andesitas escasamente soldadas y completamente alteradas.

## UNIDADES GEOTÉCNICAS DE ROCAS:

- UG-5: Toba andesítica escasamente soldada con boleos y bloques, con intercalaciones de aglomerados. Extremadamente blanda a muy blanda
- UG-6: Toba andesítica bien soldada, colada andesítica y aglomerados, masivas, meteorización variable. Roca muy blanda a moderadamente dura
- UG-7: Aglomerado andesítico parcialmente a bien soldado, moderadamente alterado. Muy blanda a moderadamente dura
- UG-8: Colada andesítica gris, sana, moderadamente dura a muy dura. Aglomerados y brechas muy soldadas sanas a moderadamente alteradas, moderadamente dura a dura.



# Túnel entre el EDO y CDMX

Características de las tuneladoras S 948 y S 949

Tipo de tuneladora: EPB Convertible - Earth Pressure Balanced Multimode TBM  
Fabricante : Herrenknecht AG

## PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

- Diámetro nominal de excavación: 8,56 m
- Diámetro de escudo delantero: 8,48 m
- Longitud del escudo: 12 m
- Longitud del back-up: 115 m



## OTRAS CARACTERÍSTICAS

- Par nominal: 20.121 kNm
- Fuerza de empuje: 73.187 kN
- Velocidad de avance: 80 mm/min
- Presión EPB máxima (en el eje del túnel): 7 bar
- Capacidad de desescombro con sinfín en EPB : 565 m<sup>3</sup>/h
- Capacidad de desescombro con cinta en Abierto : 1300 t/h
- Potencia instalada: 5.629 kW
- Peso : 1500 ton

## CABEZA DE CORTE: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

- N° de discos y tipo: 43 simples de 18" y 4 dobles centrales de 17".
- Herramientas: 64 picas y 16 rastreles
- Sobrecorte en gálibo: 25 mm
- Líneas de inyección de espuma : 10 Uds.
- Líneas de inyección de bentonita : 2 Uds.

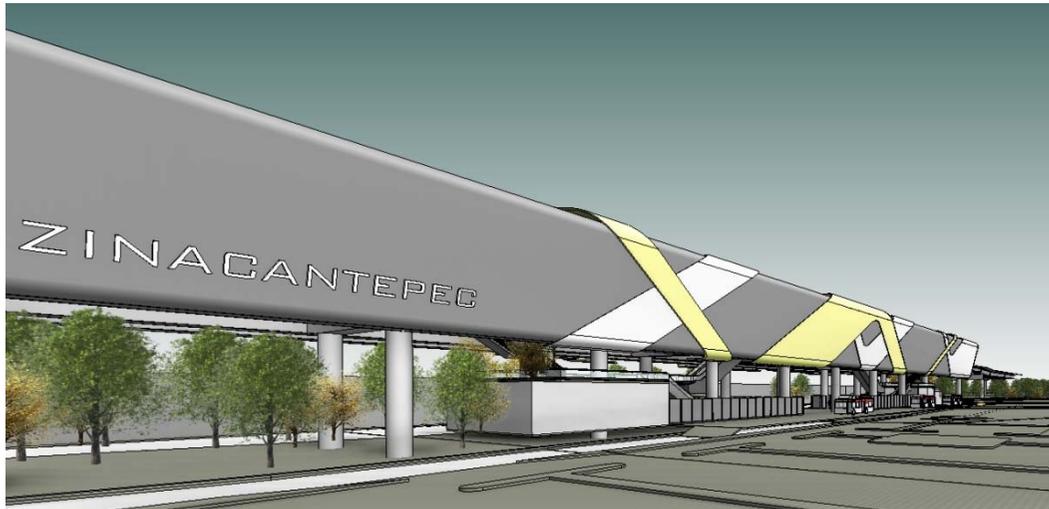


# Túnel entre el EDO y CDMX

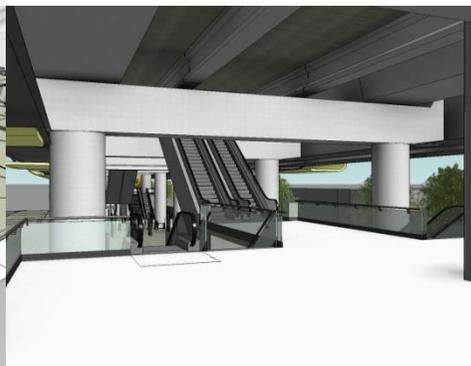




## Tipología de estaciones



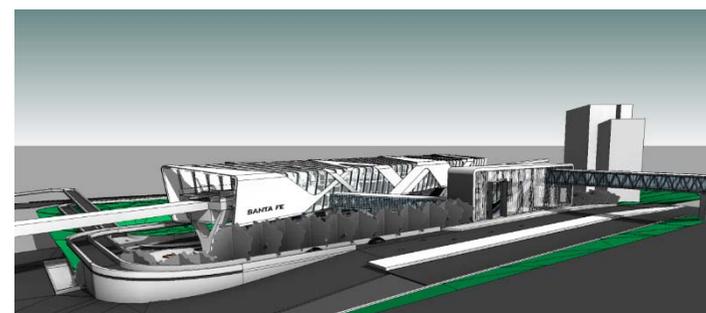
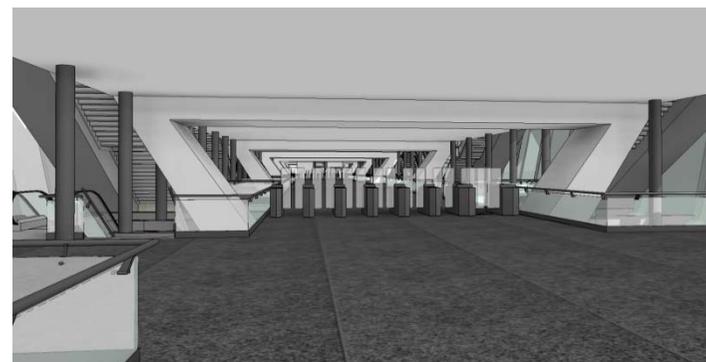
NUMERO DE ESTACIONES ELEVADAS:	6
ESTACIONES TERMINALES:	2
ESTACIONES INTERMEDIAS:	4
LONGITUD DE ESTACIÓN	200 m





# Tipología de estaciones

## Estación de Santa Fe





# Tipología de estaciones

## Estación Terminal Observatorio





## Talleres y cocheras



TALLERES: 21.200 m<sup>2</sup>, 10 Vías

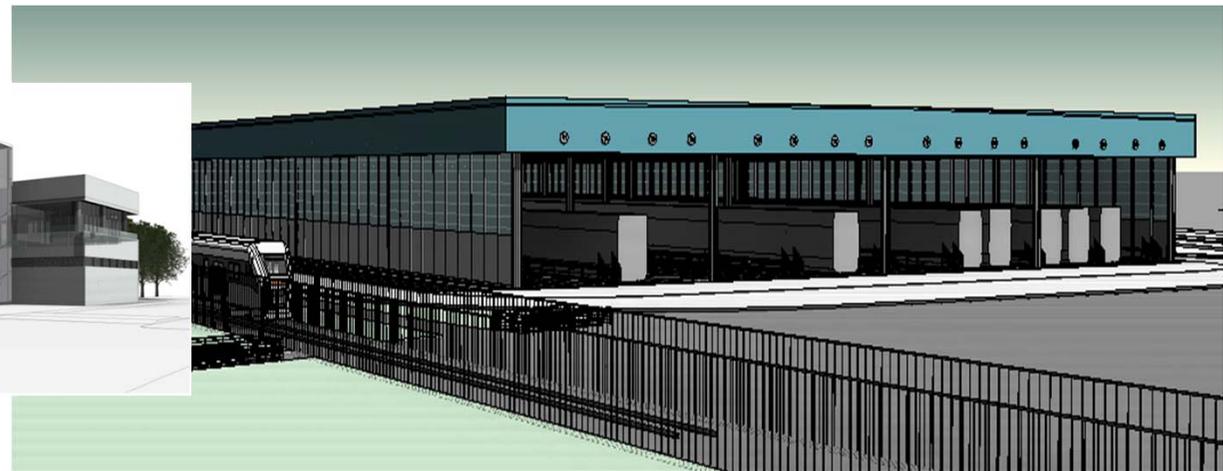
COCHERA: 19.500 m<sup>2</sup>,  
16 Vías de 420 m

EDIFICIO ADM.: 1227 m<sup>2</sup>

EDIF. SERVICIO GENERAL 2280 m<sup>2</sup>

Ubicación. P.K. 0-400

Al inicio de la línea junto a  
Estación ZINACANTEPEC





# Sistemas ferroviarios

## Superestructura de vía

- Vía constituida por rieles UIC60 con una inclinación de 1/20 y separación (trocha) de 1.435 m
  - Ejecutada sobre plintos
  - Construcción de una encarriladora continua a lo largo de todo el viaducto
- 
- En la sección en túnel y para facilita acceso de los servicios de emergencia caso de necesidad se ha optado por un sistema con fijación directa

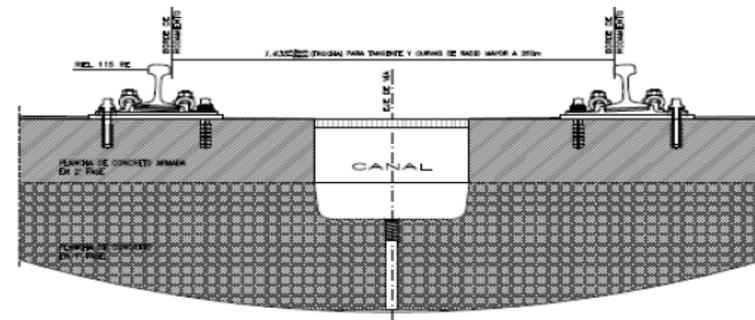
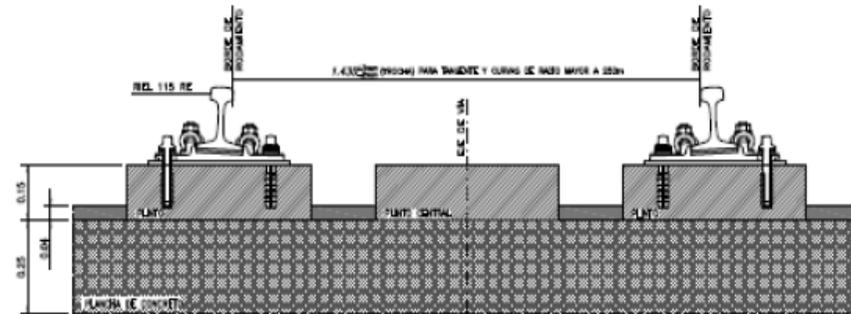


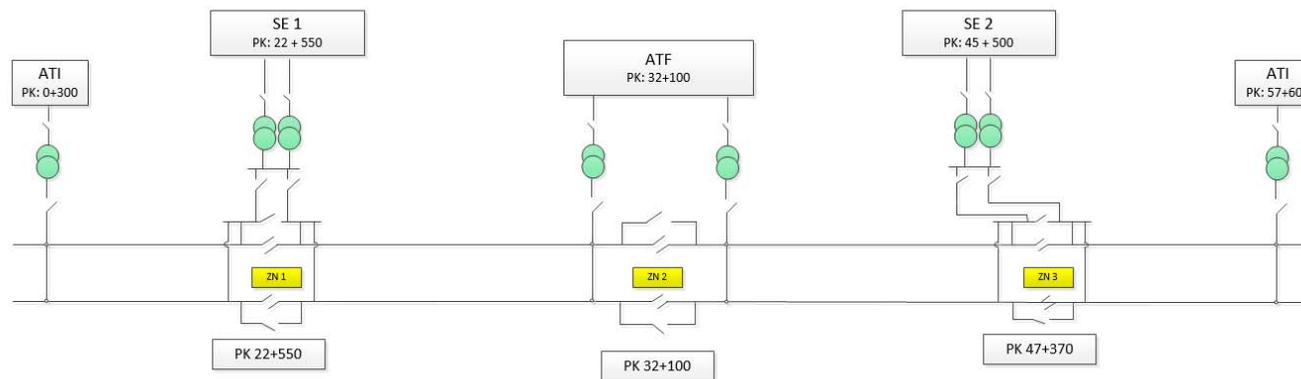
Figura 3-2 Sección tipo en túnel



# Sistemas ferroviarios

## Electrificación

- Sistema de electrificación 2x25 kV y 60 Hz.
- Dos Subestaciones de Tracción (SET) con doble acometida en 230 kV y dos trafos de 40 MVA
- Dos Centros de Transformación Intermedios (ATI) y un centro de Transformación Final (ATF)
- Catenaria simple formada por un portador, un hilo de contacto, un feeder negativo y cable alimentador de acompañamiento (feeder positivo).
- Catenaria rígida amortiguada en túneles

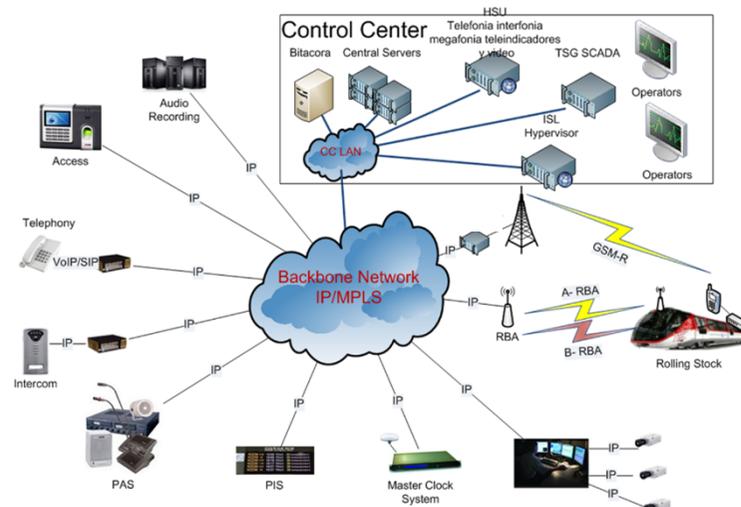




# Sistemas ferroviarios

## Comunicaciones

- **Sistemas de Comunicaciones:**
  - ✓ Video vigilancia, telefonía, interfonía, sonorización y voceo, teleindicadores, peaje, control de accesos y grabación de audio.
- **Sistemas de Radio Comunicaciones:**
  - ✓ Red GSM-R para comunicación audio con conductor y para sistema señalización ERTMS-2
  - ✓ Red de Banda ancha para: transmisión vídeo embarcado, interfonía embarcada, sonorización y voceo embarcada, servicio información embarcada y supervisión parámetros de tren.
- Red de Comunicaciones IP/MPLS para todos los sistemas de la línea

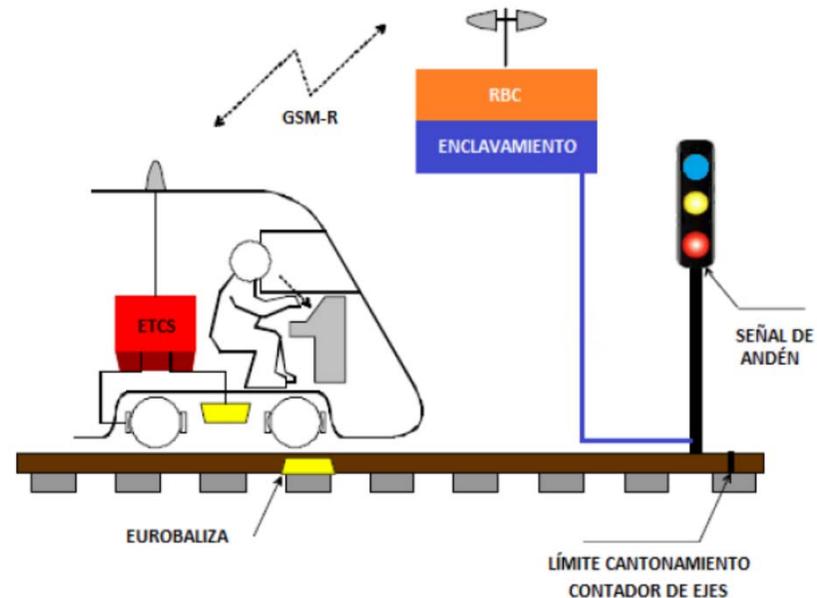




# Sistemas ferroviarios

## Señalización

- ✓ Sistema ERTMS-2.
- ✓ Diseñado para alcanzar velocidades de hasta 350 km/h y 2'30 de intervalo
- ✓ El equipo de tren monitorea continuamente la posición y la velocidad del tren.
- ✓ El equipo de tierra conoce la posición de los trenes a través de la radio y de los equipos de detección instalados en vía.







## Sistemas ferroviarios

### Material móvil

- 30 unidades de 5 coches
- Composición: Mc-M-M-M-Mc
- Longitud: 98.978 m
- Número plazas: 711
- Velocidad Máxima: 160 Km/h
- Equipamiento:
  - ✓ Climatización pasajeros
  - ✓ Equipo de Video vigilancia (CCTV) (cámaras frontales y retrovisoras)
  - ✓ Sistema de Información al Viajero, displays interiores e indicador de destino frontal
  - ✓ Espacio disponible para dos sillas de ruedas
  - ✓ Comunicación con tierra mediante red inalámbrica de banda ancha
  - ✓ Radio GSM-R
  - ✓ ERTMS Nivel 2
  - ✓ Sistema de detección de incendios

