

Factibilidad Técnica



Secretaría de
Comunicaciones y
Transportes
Dirección General de Transporte
Ferroviario y Multimodal
Junio de 2013

PROYECTO DE TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS EN LA MODALIDAD DE TREN LIGERO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE ZAPOPAN, GUADALAJARA Y TLAQUEPAQUE, JALISCO

ELABORACIÓN DE LOS "ESTUDIOS DE PRE-INVERSIÓN, RELACIONADOS CON EL ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA, FINANCIERA, LEGAL Y AMBIENTAL, ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO, ANTEPROYECTO Y PROYECTO EJECUTIVO PARA EL SERVICIO DE TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS EN LA MODALIDAD DE TREN LIGERO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE ZAPOPAN, GUADALAJARA Y TLAQUEPAQUE, JALISCO

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y VIABILIDAD TÉCNICA	2
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
1.2. DIAGNÓSTICO Y PRONÓSTICO DE LA DEMANDA	5
1.3. DISEÑO CONCEPTUAL OPERATIVO DEL SERVICIO	7
1.4. MATERIAL RODANTE	8
1.5. ESTACIONES	10
1.6. VIADUCTO	24
1.7. TÚNEL	28
1.8. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SISTEMA DE SEÑALAMIENTO, CONTROL DE TRÁFICO Y MONITOREO DEL SERVICIO	30
1.9. ALIMENTACIÓN Y SUMINISTRO ELÉCTRICO	33
1.10. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS TALLERES	41
1.11. SISTEMAS FERROVIARIOS	43
1.12. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA CALIDAD DEL SERVICIO	44
1.13. DISEÑO CONCEPTUAL DE LA INTEGRACIÓN INTERMODAL Y CON RUTAS ALIMENTADORAS	47
1.14. CONCLUSIONES	50

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y VIABILIDAD TÉCNICA

1.1. Descripción del Proyecto

De acuerdo con los lineamientos¹ publicados por la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, en la sección II Tipos de Programas y Proyectos de Inversión, en su inciso 2, clasifica los proyectos de inversión en cinco tipos; en la clasificación (i) se establece: “Proyectos de infraestructura económica, cuando se trate de la construcción, adquisición y/o ampliación de activos fijos para la producción de bienes y servicios en los sectores de agua, comunicaciones y transportes (...)”.

Con base en estos criterios, el presente proyecto corresponde a la categoría de infraestructura económica para la producción de bienes y servicios del sector comunicaciones y transportes.

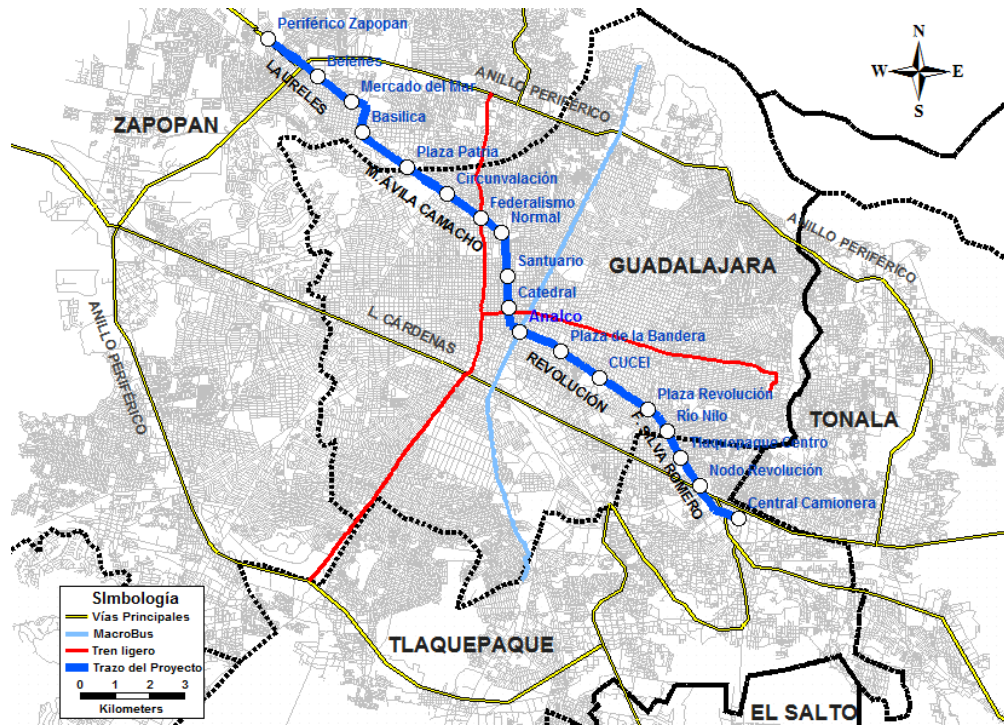
El trazado previsto para la línea 3 del Tren Ligero discurre de Noroeste a Sureste por la Zona Metropolitana de Guadalajara, recorriendo las zonas más pobladas de Zapopan, el propio municipio de Guadalajara y Tlaquepaque.

La nueva línea de tren ligero discurre en práctica su totalidad por terreno público (avenidas principales) dentro de los municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque. Únicamente hay un corto tramo de la línea, de aproximadamente 300m de longitud, que atraviesa una parcela privada, situada en el municipio de Tlaquepaque, junto al nodo vial Revolución.

Dentro del municipio de Zapopan el tren inicia el recorrido en la Avenida Guadalajara – Tesistan, a partir de ahí hace un recorrido Sur – Este sobre la avenida los Laureles y Av. Ávila Camacho.

¹ Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, Sección II: Tipos de Proyectos y Programas de Inversión. Diario Oficial de la Federación, Primera Sección, viernes 27 de abril de 2012.

Figura 1 - Trazo del proyecto



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2012

En la tabla siguiente, se describe la ubicación de las estaciones según el cadenamiento establecido.

Tabla 1. Ubicación de las Estaciones del Tren Ligero en proyecto según cadenamiento.

No	Descripción	Cadenamiento	Tramo
1	Zapopan - Periférico	2+140	I
2	DIF - CRIT	3+150	II
3	Mercado del Pescado	4+350	II
4	Zapopan Ayuntamiento	5+690	II
5	Plaza Patria	7+340	II
6	Country Club	8+340	II
7	Federalismo	9+640	II
8	Normal	10+690	III
9	Alcalde	11+710	III
10	Catedral	12+710	III
11	Olimpica	13+825	III

No	Descripción	Cadenamiento	Tramo
12	Revolución - Ejército Nacional	14+625	IV
13	Revolución – Universidad de Guadalajara	16+250	IV
14	Revolución – López Cotilla	17+440	IV
15	Revolución – Río Nilo	18+325	IV
16	Tlaquepaque Centro	19+165	IV
17	Lázaro Cárdenas	20+390	IV
18	Central de Autobuses	21+690	IV

Fuente: SENER Senermex Ingeniería y Sistemas, S.A. de C.V. Estudio de Mecánica de Suelos, Fase 2. Documento Interno, 2012.

En la tabla siguiente, se anota la ubicación de las estaciones de acuerdo a sus coordenadas geográficas y UTM.

Tabla 2. Ubicación de las Estaciones del Tren Ligero en proyecto según sus coordenadas.

No	Estación	Geográficas		UTM	
		N	O	N	E
1	Zapopan - Periférico	20° 44' 21.51"	103° 24' 18.02"	2 294 115	666 068
2	DIF - CRIT	20° 44' 07.37"	103° 23' 58.38"	2 293 685	666 640
3	Mercado del Pescado	20° 43' 43.54"	103° 23' 22.66"	2 292 963	667 681
4	Zapopan Ayuntamiento	20° 43' 07.83"	103° 23' 05.85"	2 291 870	668 178
5	Plaza Patria	20° 42' 40.66"	103° 22' 25.84"	2 291 046	669 344
6	Country Club	20° 42' 23.12"	103° 21' 58.59"	2 290 514	670 138
7	Federalismo	20° 41' 58.38"	103° 21' 19.82"	2 289 765	671 267
8	Normal	20° 41' 33.14"	103° 20' 54.02"	2 288 996	672 022
9	Alcalde	20° 41' 03.79"	103° 20' 52.49"	2 288 094	672 075
10	Catedral	20° 40' 27.57"	103° 20' 50.15"	2 286 981	672 154
11	Olímpica	20° 40' 08.62"	103° 20' 26.69"	2 286 405	672 839
12	Revolución - Ejército Nacional	20° 39' 54.36"	103° 19' 57.81"	2 285 975	673 680
13	Revolución – Universidad de Guadalajara	20° 39' 24.16"	103° 19' 10.54"	2 285 061	675 057
14	Revolución – López Cotilla	20° 39' 02.77"	103° 18' 37.23"	2 284 413	676 028
15	Revolución – Río Nilo	20° 38' 40.62"	103° 18' 14.77"	2 283 739	676 686
16	Tlaquepaque Centro	20° 38' 13.60"	103° 17' 59.58"	2 282 912	677 134
17	Lázaro Cárdenas	20° 37' 57.17"	103° 17' 47.66"	2 282 411	677 484

No	Estación	Geográficas		UTM	
		N	O	N	E
18	Central de Autobuses	20° 37' 22.72"	103° 17' 07.23"	2 281 364	678 666

Fuente: Elaboración propia.

El trazado se ha estructurado en cinco tramos en función de tres secciones tipo definidas como: a nivel, en viaducto y en túnel.

Tabla 3 Tramos propuestos para la línea 3 del Tren Ligero de Guadalajara

Tramo	Zona	Tipo de construcción	Longitud (km)
I	Zapopan - Periférico	A nivel	1.25
II	Zapopan - Guadalajara	Viaducto Elevado	7.80
III	Guadalajara Centro	Túnel	3.10
IV	Guadalajara - Tlaquepaque	Viaducto Elevado	7.85
V	Tlaquepaque	A nivel	1.00

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2012

1.2. Diagnóstico y pronóstico de la demanda

De la situación actual del corredor en estudio se desprenden las siguientes conclusiones:

- El corredor Ávila Camacho – Alcalde – Revolución cuenta hoy en día con una demanda potencial de cerca de los 340 mil pasajeros diarios.
- Los principales municipios generadores y atractores de viajes del corredor son los municipios de Guadalajara y Zapopán.
- El tiempo promedio de viaje por usuario en el corredor en la hora de máxima demanda es de aproximadamente 1 hora.
- El 58% de los viajes del corredor hacen transferencia.

Para el diseño operativo del proyecto del tren ligero Zapopan-Guadalajara-Tlaquepaque se establecieron dos escenarios que permiten lograr una captación mayor de pasajeros para la Línea 3 del Tren Eléctrico de Guadalajara.

De estos dos escenarios en la HPM para el año 2012 se obtuvo que:

- Al integrar tarifariamente la oferta de las rutas alimentadoras con la Línea 3 del Tren Eléctrico de Guadalajara se obtiene una demanda de **198 mil pasajeros** lo que representa un incremento del 20% respecto a la situación sin integración tarifaria.

- La demanda obtenida al ajusta el intervalo de paso del tren fue de cerca de **194 mil pasajeros**, el ajuste es necesario para balancear la relación entre oferta y demanda del sistema.
- Los indicadores de tiempos de viaje promedios no presentan variaciones significativas al momento de aplicar los ajustes, por lo que solo varia en forma favorable la demanda al proyecto.

Del análisis y pronóstico de las variables socioeconómicas necesarias para el pronóstico de la demanda en los años horizonte se generaron dos escenarios de pronóstico de la demanda:

- Escenario Tendencial que se basa en el comportamiento histórico de la población y el empleo, siguiendo las políticas y prácticas que se han ido observando en los últimos años en la zona metropolitana de Guadalajara.
- Escenario Orientado, que se basa en un crecimiento influenciado por la introducción del proyecto en el corredor, generando un cambio de dinámica en la zona de influencia del mismo.

Una vez obtenidos los pronósticos de las variables socioeconómicas y establecido el escenario de oferta, se generaron dos escenarios de demanda a los años horizonte, es importante recordar que el año esperado de inicio de operación del proyecto es el 2017.

- Del escenario tendencia al año 2017 se espera una demanda de 221 mil pasajeros diarios, con un crecimiento pronosticado anual del 1.2% para llegar a cerca de os 295 mil pasajeros en el 2042.
- **Del escenario orientado al año 2017 se espera una demanda de 220 mil pasajeros diarios con una tasa de crecimiento anual de 1.4% para llegar a los 315 mil pasajeros diarios en el 2042.**

Seleccionando el escenario Orientado por ser el que aporta la mayor demanda a los años horizonte de estudio se le incluye una demanda producto de un esperado cambio modal de los usuarios del transporte privado al transporte privado por efecto de contar con servicio eficiente que los lleve a sus actuales destino dando como resultados finales los siguientes:

- **Una demanda de 233 mil pasajeros en el año esperado de apertura de la Línea 3 del Tren Eléctrico de Guadalajara.**
- Una tasa de crecimiento anual de 1.6% hasta el 2042 para llegar a los 348 mil pasajeros diarios.

De los escenarios adicionales analizados en la HPM del año 2012 para determinar la sensibilidad a la tarifa de los pasajeros se obtuvo los siguientes:

- La tarifa que maximiza los ingresos de la Línea 3 sin integración tarifaria con la red de rutas alimentadoras es la de \$6.00 con una demanda de cerca de los 172 mil pasajeros diarios.
- El intervalo de paso de 3 minutos es el que presenta la mayor captación de la demanda con 189 mil pasajeros diarios.
- La integración tarifaria total del sistema generaría una demanda de 190 mil pasajeros diarios generando un mayor número de transferencias de los usuarios.

1.3. Diseño conceptual operativo del servicio

- i. La capacidad de transporte del sistema en términos de pasajeros por hora y por dirección en el tramo más cargado

De acuerdo a la demanda estimada de 12,000 pasajeros/hora/sentido, se ha calculado una frecuencia de paso de 30 trenes cada hora, es decir un intervalo de paso de 120 segundos como mínimo.

Por lo que la capacidad de transporte del sistema es 12,000 pasajeros hora por sentido y la capacidad unitaria es de 400 pasajeros por tren.

- ii. La frecuencia de los servicios o el intervalo entre los mismos

La frecuencia de paso u operativa se determinó considerando la magnitud de la demanda en el tramo más cargado y fue verificada mediante un diseño sistematizado de frecuencias.

Frecuencia de los servicios: que intervalo mínimo de los servicios sea de 120 segundos a la hora de mayor demanda de transporte (hora pico), con ella se garantiza la cobertura de la demanda de 12,000 pasajeros hr/sentido.

- iii. El Factor de Comodidad de los vehículos

El factor de comodidad indica el número de pasajeros nominal por vagón: 52 sentados y de pie resultantes de 6 por m².

- iv. El Factor de Ocupación

El factor de ocupación o índice de ocupación instantánea es del 100% en el tramo más cargado, es decir el tren va totalmente lleno en la sección de máxima carga.

- v. La Velocidad Máxima y la Velocidad Comercial

La velocidad máxima promedio se encuentra en el orden de 80 km/hr es decir una velocidad máxima efectiva que alcanza el tren entre interestaciones.

La velocidad comercial entre terminales de origen y destino final es de 35 Km/hr.

vi. El tiempo total de parada en estaciones

El tiempo de parada en estaciones deriva del cálculo anterior y es de 25 segundos lo cual es totalmente adecuado para un sistema de transporte masivo considerando el número de puertas, el ancho de las mismas y los pasajeros que suben y bajan de la unidad en las terminales y estaciones; en términos generales el intervalo de tiempo se encuentra entre 20 y 25 segundos, en el presente documento se optó por manejar el escenario con mayor duración entre ascensos y descensos; si bien es cierto que el tiempo en cada estación es variable por la cantidad de usuarios en cada una de ellas, se ha optado por adoptar un intervalo de tiempo estándar para ascensos y descensos en cada una de las estaciones.

vii. El Factor de renovación

El Factor de renovación se define como la cantidad de veces que un vehículo (tren) se llena a lo largo de su recorrido (vuelta).

Cada uno de los trenes se ocupa 3.28 veces por vuelta en HMD lo cual es altamente rentable. En un día un tren se ocupa 26.26 veces.

1.4. Material rodante

La flota del proyecto será de 16 trenes con una capacidad de 600 pasajeros (Tren Ligero) con rodado férreo. La siguiente imagen muestra las alternativas de trenes propuestos.

Figura 2 Alternativas de material rodante



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2012

Las características técnicas propuestas para el material rodante son:

- Tensión nominal de alimentación 600VCD, captación por catenaria
- Sistema de Tracción tipo asíncrono.

- Potencia nominal del motor de tracción de 265 KW.
- Control el sistema de tracción por microprocesador.
- Relación de transmisión 5.625:1.
- Bogie tipo H mecanosoldado; cada vehículo tiene 2 bogies motrices (monomotores) y un remolque.
- Tipo de tracción GTO.
- Bidireccional con dos cabinas de conducción.
- Generación de tensión alterna trifásica, 4 hilos: 220 VAC 60 HZ a través de un convertidor estático.
- Generación de tensión directa a través de baterías de acumuladores; mantiene su carga por un convertidor estático.
- Laminación y estructura de acero de alta resistencia y baja aleación.
- Enganche automático entre vehículos que permite acoplamientos mecánico, eléctrico y neumático.
- Sistema de frenado eléctrico regenerativo, eléctrico reostático, neumático y electromagnético de emergencia y de estacionamiento.
- Suspensión primaria tipo chevrón.
- Suspensión secundaria neumática.
- Ventilación: condición de confort de 28,000 m³/h de aire nuevo proporcionado por 14 motoventiladores de tipo axial.
- Ventanas tipo abatible: parte inferior fija, parte superior basculante.
- Puertas de acceso de pasajeros tipo deslizante.
- Puerta de acceso a cabina por el interior tipo vaivén.

La capacidad y funcionamiento propuestos para el material rodante son:

- Pasajeros sentados 100
- Pasajeros de pie 500
- Total de pasajeros 600
- Velocidad máxima de servicio 70 km/h.
- Velocidad comercial estimada tomando en cuenta el trazo y las estaciones: 35km/h
- Aceleración máxima 1.0 m/seg²
- Desaceleración de servicio (a $\frac{3}{4}$ carga máx.) 1.0m/seg²
- Desaceleración de emergencia (con carga máx.) 1.8m/seg²
- Radio mínimo de curvatura horizontal 25 m

- Radio mínimo de curvatura vertical 250 m

Las dimensiones y peso del material rodante se presentan a continuación:

- Longitud del tren 29.560 m
- Ancho exterior 2.650 m
- Ancho interior 2.440 m
- Altura máxima 3.570 m
- Altura del piso 1.020 m
- Altura máxima del pantógrafo 6.268 m
- Altura mínima del pantógrafo 3.868 m
- Altura interior 2.142 m
- Altura claro libre puerta de acceso 1.900 m
- Ancho claro libre puerta de acceso 1.300 m
- Características de la rueda metálica 0.740 m $\varnothing$
- Radio de la llanta 0.370 m
- Distancia entre ejes de bogies 2.100 m
- Distancia entre centros de bogies 10.300 m
- Distancia entre caras de ruedas 1.360 m
- Ancho de vía 1.435 m
- Peso vacío 40,000 kg
- Peso de carga con capacidad máx. (300 pasajeros) 61,000 kg

1.5. Estaciones

Se construirán 18 estaciones de las cuales 13 serán superficiales y 5 subterráneas. El diseño de las estaciones será de 75 metros.

En lo referido a la ubicación de estaciones, se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- Ubicación en zonas de demanda
- Localización en lugares con espacio físico
- Separación entre estaciones entre 700 y 1500 m
- Posibilidad de transferencia con otros sistemas de transporte

Estaciones elevadas

El desarrollo del proyecto se basa en 4 conceptos: integración urbana, permeabilidad, sustentabilidad y ampliación del espacio público. Con estos conceptos, se pretende diseñar elementos generadores de espacios públicos a nivel de calle, estaciones para ciclo vías, parques lineales, reutilización de vegetación existente, utilización de tecnología que permita generar energía propia para el funcionamiento de la propia estación.

La nueva línea de tren ligero se convertirá en un parte aguas por la incorporación de elementos sustentables en un edificio público, y cambiara la percepción que se tiene de las líneas de metro aéreas, como elementos pesados que invaden y opacan el entorno donde se ubican, dejando de lado la integración urbana.

Niveles que componen la estación elevada

Nivel locales técnicos

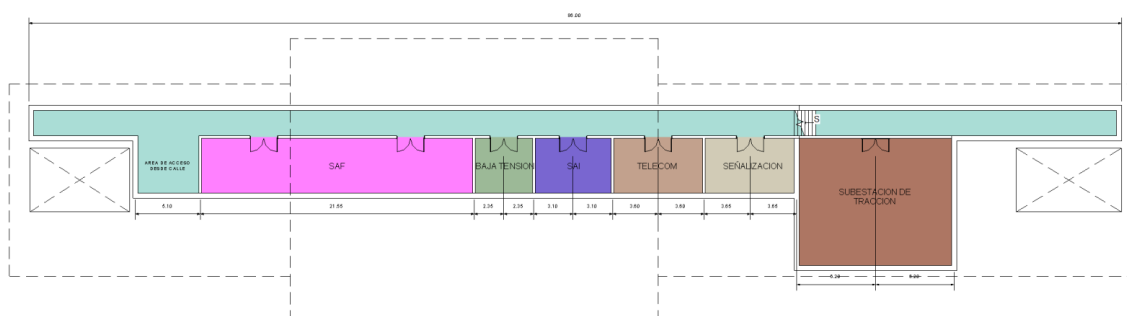
Un aspecto importante para el proyecto es tratar de remover los locales técnicos de cada estación del área visible, es por esta razón que las áreas técnicas y de máquinas más significativas se encuentran a nivel de sótano.

El acceso de personal de mantenimiento y de equipos al sótano, es a través de la calle. Donde encontraremos, puertas o rejillas que permiten llegar al vestíbulo en el nivel de sótano, y a partir de ahí distribuirse dentro del área de sótano.

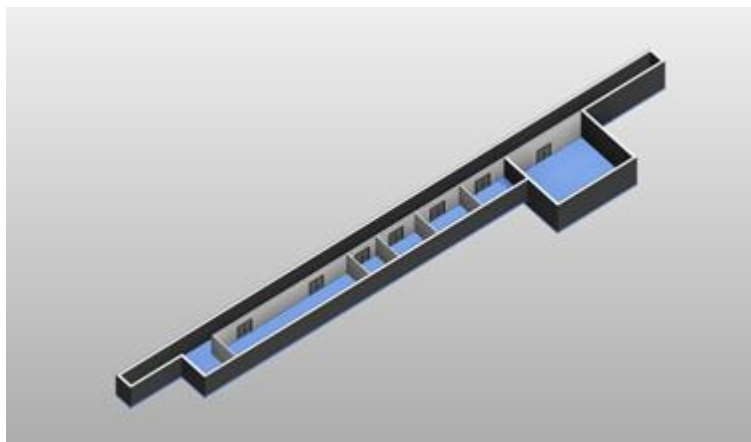
Dentro de este nivel, las circulaciones se logran a través de un pasillo técnico que dará Conexión y servicio a cada uno de los cuartos técnicos. El pasillo técnico conectara todos los locales de forma independiente y también servirá de paso de bandejas a lo largo de la estación.

El pasillo técnico se alarga desde la cimentación de los apoyos verticales, permitiendo conectar ambos extremos de la estación y sirve de ducto de instalaciones en sentido vertical. Concentrando instalaciones hacia el nivel de andén.

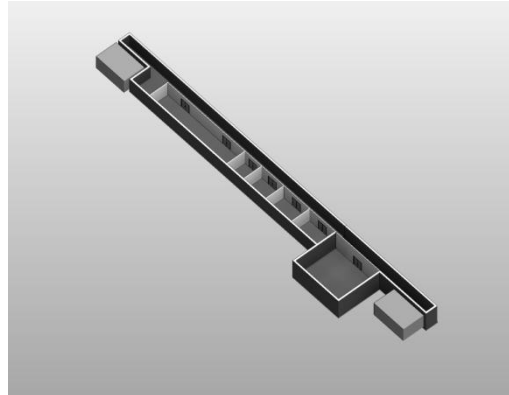
Planta de Sótano típica //Circulaciones interiores//



Isométrico general



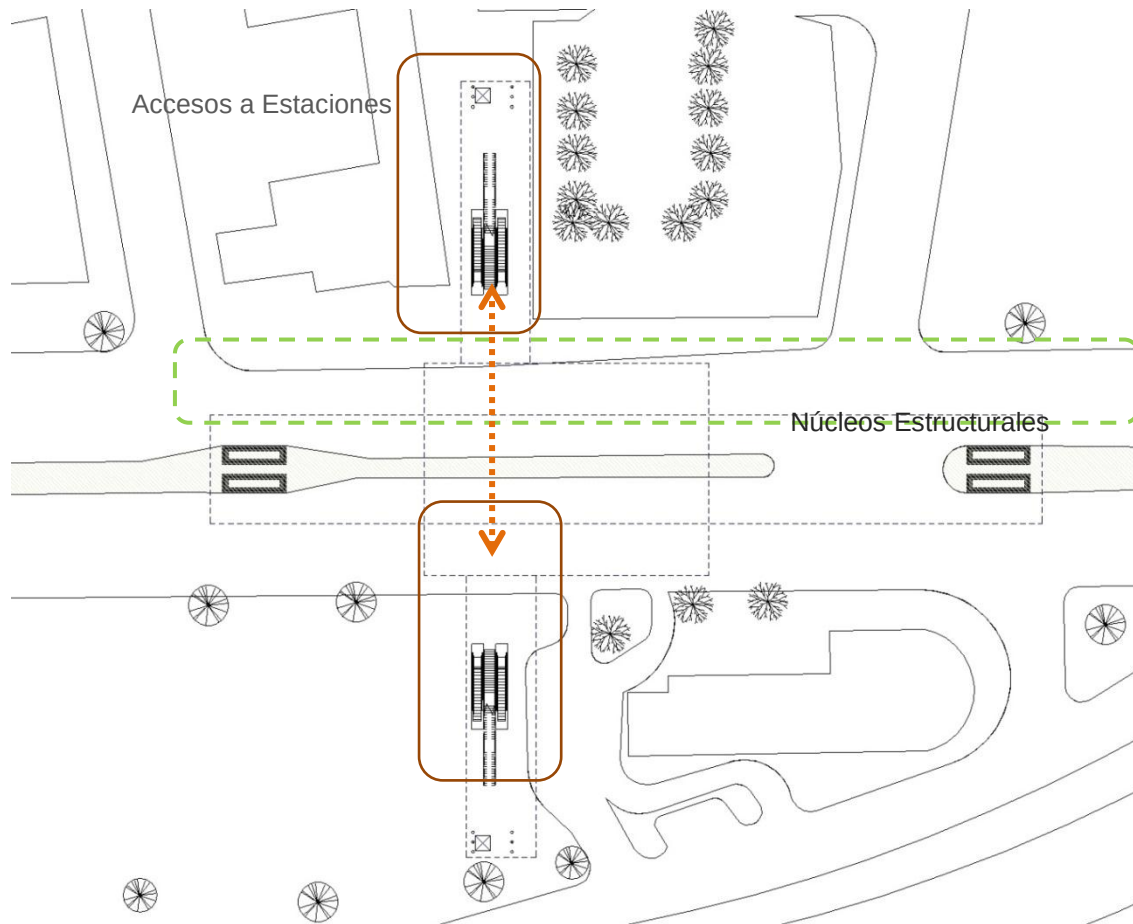
El local técnico de subestación de tracción,



Es intermitente debido a que no en todas las estaciones se requiere. Pasillo técnico a lo largo del sótano, funciona como conexión de instalaciones entre los apoyos vertical

Nivel calle

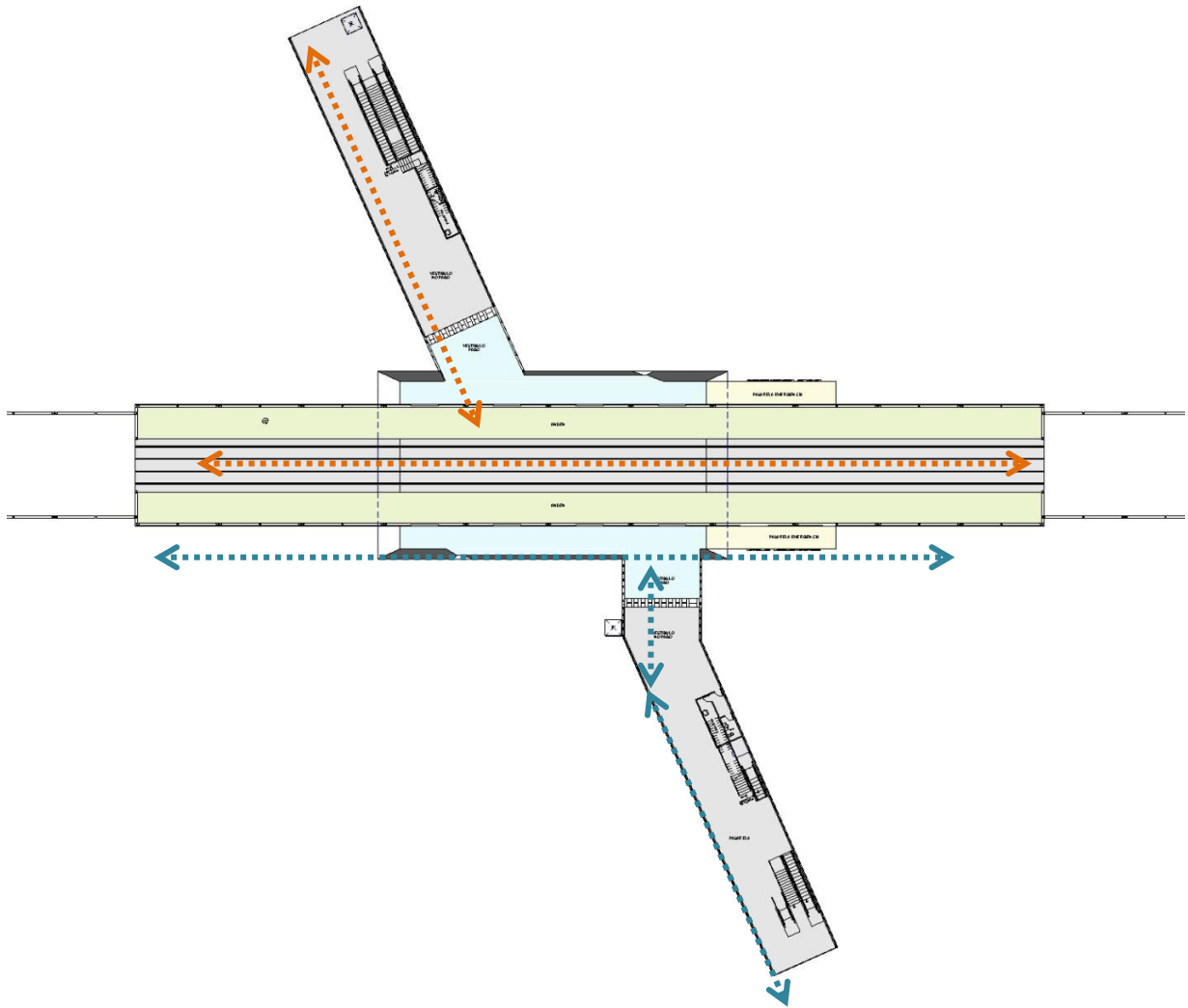
Este nivel Contiene los soportes (núcleos estructurales y de instalaciones) de la estación, los cuales además de ser el eje estructural sirven de paso para las instalaciones que vienen del sótano. El acceso a las pasarelas se ubica en camellones, calles, parques y espacios a este nivel. Permitiendo respetar terrenos privados y utilizando solo espacio público.

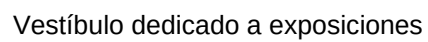


Nivel de andén

El Nivel de Andén contiene la circulación horizontal más importante de la estación, ya que a través de este se desarrollan la mayoría de los flujos de los usuarios.

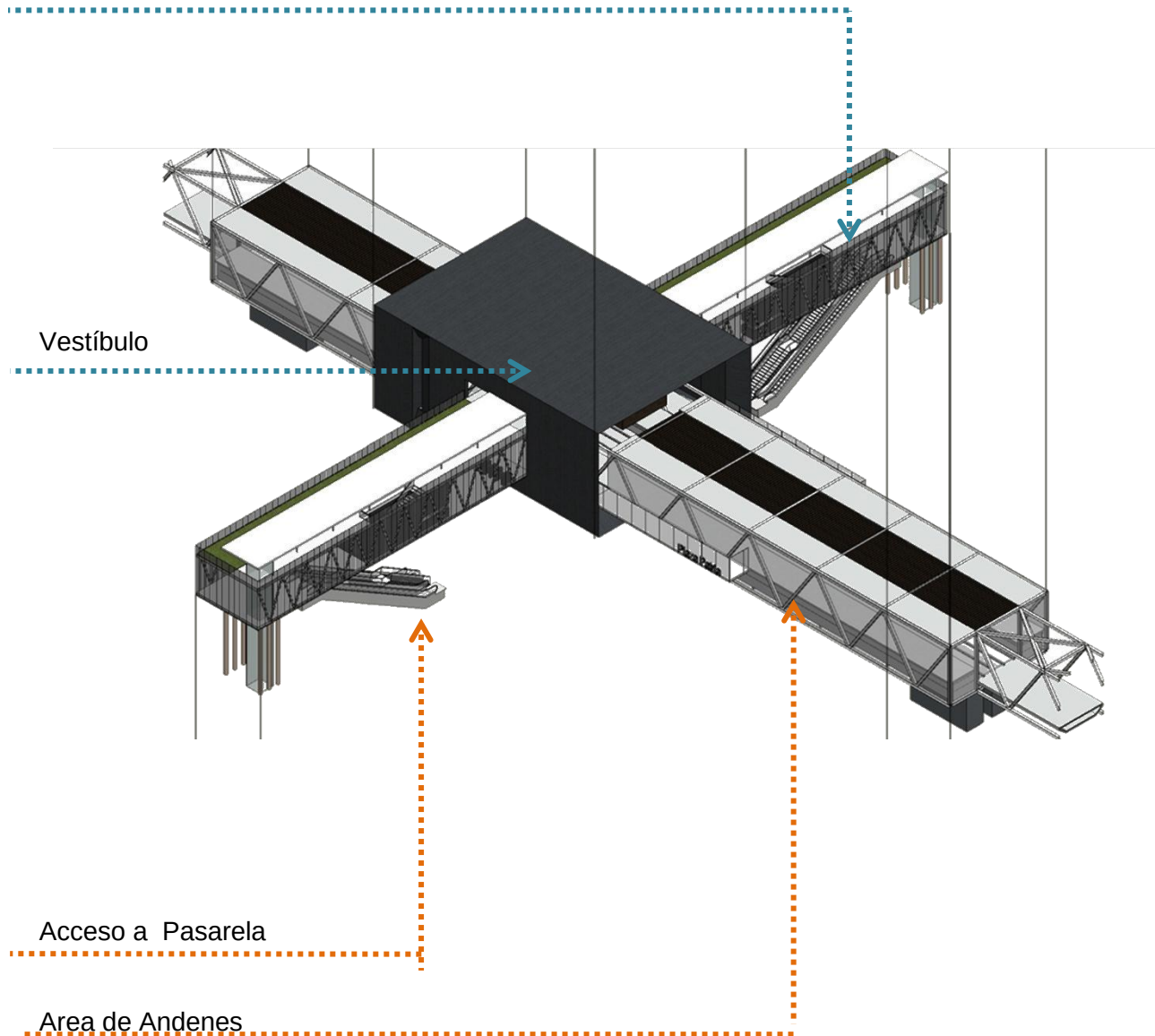
En este nivel encontramos las pasarelas que a su vez sirven de vestíbulo, albergan la llegada de usuarios desde la calle y filtran la gente que entra y sale de la estación. Contiene las barreras o "torniquetes" de control de pago, Boleterías, andén para abordar el tren.





Isometrico, estacion elevada

Pasarela

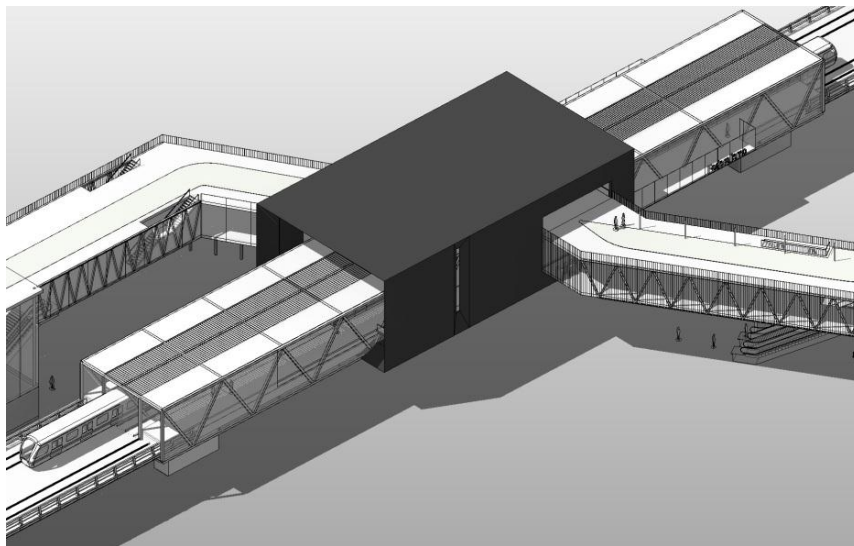


Estaciones superficiales

La imagen exterior que se pretende para las estaciones elevadas es de una caja longitudinal principal que contiene en su interior los andenes y que permita la entrada de luz. Esta caja se completa con otra caja “negra” que recibe los accesos en pasarelas y funge como vestíbulo de acceso permitiendo los cambios a nivel entre andenes.

Se pretende además que ambas cajas se apoyen en dos grandes pilas – núcleo dispuesto en cada extremo de la estación, consiguiéndose así una imagen diáfana y libre de obstáculos en la parte inferior de la estación.

Figura 3 Prediseño exterior de estaciones superficiales



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2012

En el espacio delimitado entre ambos núcleos se dispondrá en modo subterráneo los principales locales técnicos como lo son las subestaciones de tracción y de potencia.

Se pretende además que las pasarelas de acceso tengan una integración visual – funcional y estructural con la estación.

La imagen interior buscada consiste en unos andenes libres de obstáculos estructurales para los usuarios. Además se busca que la zona vista desde el interior de la caja negra parezca flotar sobre la caja principal de la estación.

En el caso de las pasarelas se pretende igualmente libres de obstáculos para el usuario.

Figura 4 Pre - diseño interior de estaciones superficiales



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2012

Con todas las condicionantes indicadas anteriormente se plantea un sistema estructural conformado por los siguientes elementos.

- Celosías Longitudinales. - Tres celosías longitudinales (2 en fachada y una central entre ambas vías) que a modo de puente permitan salvar la importante luz entre los apoyos – núcleos, situados en los extremos de los andenes. Estas celosías serán metálicas y sus elementos (cordones superiores, cordones inferiores y diagonales) estarán conformados por chapas con apariencia de cajón rectangular. El ajuste de los requerimientos de cada elemento se realizará en el espesor de las chapas pudiendo mantener la apariencia externa. Estas tres celosías tendrán una longitud aproximada de 75 m y un peralte a canto estructural de 7.5m, lo que proporciona una esbeltez al conjunto de $100/7.5 = 13.3$. Es importante indicar que con los pre-diseños realizados se recomienda utilizar la celosía central (entre las vías). Dicha celosía aporta las siguientes ventajas:

Se aligeran las soluciones estructurales de los forjados (andenes, plataformas de trenes y forjados) al reducir el claro estructural de los mismos, pasando de un elemento con dos puntos de apoyo de 15 m de aclaro aproximadamente (anchura de la caja) a un elemento continuo de dos vanos y en 7.5 de clara en cada vano.

En esta celosía central, e concentra la mayor parte de la caja, lo que permite aligerar las celosías situadas en la fachada, lo cual permitirá mayores posibilidades arquitectónicas.

Con el objetivo de facilitar la transmisión de carga a los apoyos – núcleos situados en los extremos de los andenes y que tendrán una anchura máxima de 8 m para evitar una fuerte afectación a la vialidad inferior (deberá ser ajustado).

Lo anterior es debido a que la celosía central (más cargada) se apoya directamente sobre los apoyos – núcleos centrados transversalmente en la caja mientras que las celosías de fachada (menos cargadas) necesitan de elementos tipo riostras para trasladar su carga hacia los apoyos – núcleo (anchura aproximada de 8 m frente a los 15 m de separación entre fachadas).

Desde el punto de vista constructivo no se presenta ninguna dificultad y el montaje se realizará con apoyos provisionales intermedios.

- Caja Negra.- Se resuelve igualmente mediante estructura metálica que en este caso quedará oculta por los acabados interiores y exteriores. Dicha caja debe recibir directamente las conexiones con las pasarelas de acceso a la estación.

Un efecto visual perseguido es que en la zona donde el peatón pueda cambiar de andén (por arriba o por debajo de los andenes) de la sensación de que la caja negra esté flotando (sin conexión estructural) sobre la caja de los andenes. Ello se consigue haciendo que el soporte vertical de la caja sobre las celosías se produzca en la cara opuesta (en el plano inferior si el cambio de andén es superior y en el plano superior si el cambio de andén es inferior).

Para la estabilidad transversal de la caja se usarán las propias pasarelas a modo de puntales.

- Pasarelas de conexión.- Dichas de las pasarelas se resuelven con celosías en fachadas similares a las utilizadas en la caja principal de la estación. Estas celosías se apoyan en pilares propios del acceso y finalmente en la caja negra. Para evitar que la carga transmitida a la caja negra (y por lo tanto a las celosías de la caja de la estación) serán elevados, se deberán disponer pilares bajo las pasarelas próximas a la estación. En caso de que esto no sea posible se utilizará un tercer apoyo – núcleo en el centro de la estación.
- Forjados. - Los diferentes forjados (andenes, plataformas de trenes, pisos de andenes, etc.) se resolverán mediante estructura mixta formada por perfiles metálicos conectados a las celosías y losas de concreto.
- Apoyos – Núcleo. - Tal y como se ha indicado anteriormente la idea de apoyar todo el conjunto de la estación en dos grandes apoyos situados en los extremos de la estación. Las funciones de estos apoyos serán:
 - Soportar las cargas verticales de toda la estación.
 - Soportar las cargas horizontales (Sismo y viento) de toda la estación.
 - Permitir la subida y bajada de instalaciones (gran ducto de instalaciones) para permitir la conexión de las instalaciones subterráneas con la estación.
 - Permitir la subida y la bajada del personal operativo de las instalaciones.

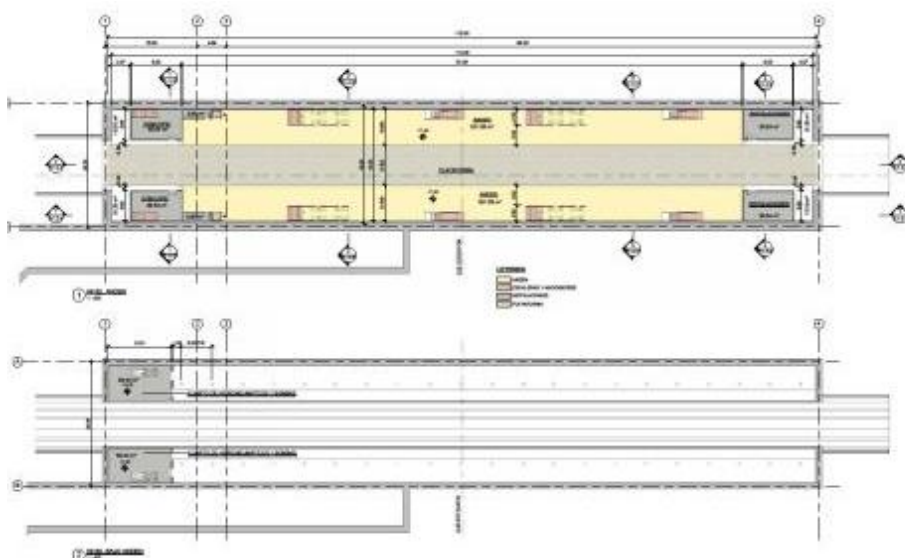
Estos apoyos, al igual que su probable cimentación mediante pilotes, serán de concreto y con forma de caja hueca. Sus dimensiones deberán ser los mínimos que permitan cumplir con las funciones indicadas anteriormente y que minimicen el impacto sobre la vialidad existente (deberá ser acondicionada bajo las estaciones por la dimensión de núcleos que será superior al camellón central).

Estaciones subterráneas

Todas las estaciones subterráneas se conforman mediante una caja cerrada con dimensiones interiores aproximadas de 115 m de largo por 20 m de ancho. El perímetro de dichas estaciones se realizará mediante pantalla continua de concreto armado con un espesor que oscilará entre 100 y 120 cm. Una vez ejecutadas las pantallas se procederá a ejecutar el interior de la estación por el método invertido, comenzando por la ejecución de la tapa para poder restituir el tráfico lo antes posible.

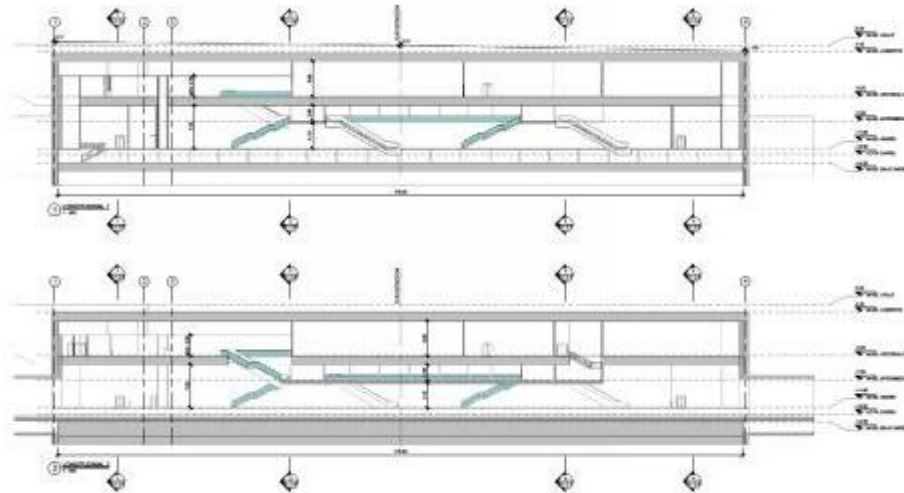
Con el fin de acelerar todo lo posible la ejecución de la tapa se ha optado por utilizar trabes prefabricadas en sentido transversal de 20 m de claro rematadas por una losa in situ de 30 cm de espesor que quedará vinculada a las pantallas.

Figura 5 Plantas de las estaciones subterráneas



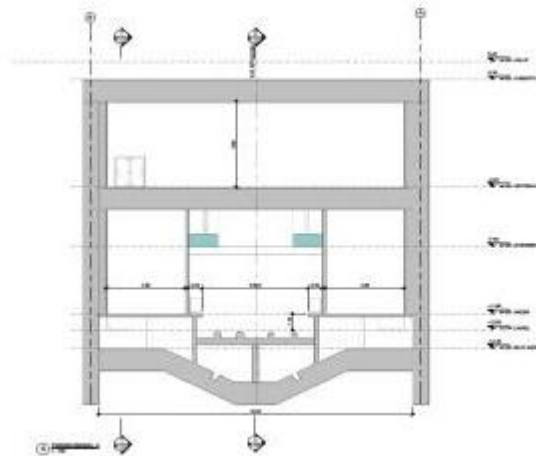
Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2012

Figura 6 Perfiles de las estaciones subterráneas



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2012

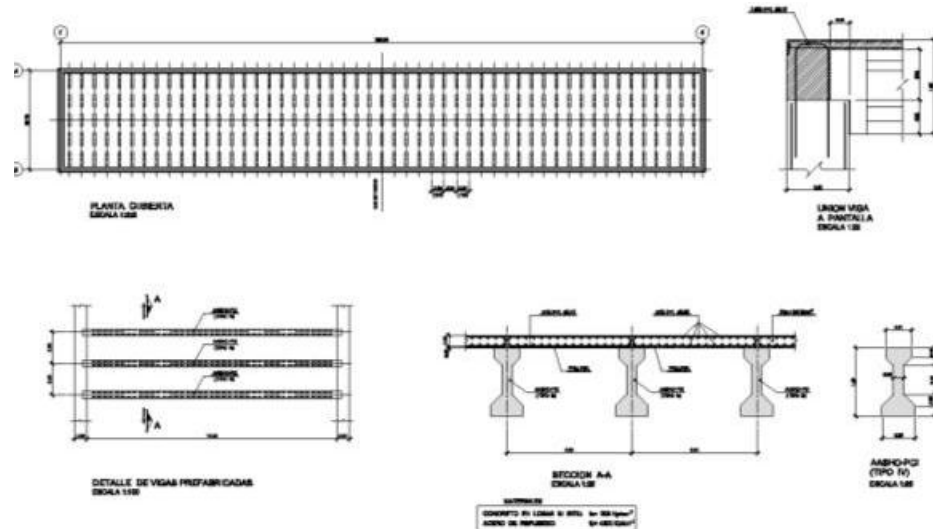
Figura 7 Fachada de las estaciones subterráneas



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2012

Se muestra a continuación la solución propuesta en la fase de concurso y que puede utilizarse como referencia de partida.

Figura 8 Solución propuesta de las estaciones subterráneas



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2012

El vestíbulo se plantea como una losa aligerada ejecuta in situ sobre el terreno o sobre cimbra. Su vinculación a la pantalla será a cortante únicamente (sin capacidad de transmitir momentos) mediante barras ancladas con resina.

A modo de primer encaje se pueden considerar las siguientes dimensiones:

- Canto total de la losa: 150 cm
- Distancia maciza en cada extremo: 300 cm
- Altura de aligeramiento: 120 cm
- Anchura de aligeramiento: 75 cm
- Espesor de ala superior: 15 cm
- Espesor de ala inferior: 15 cm
- Espesor alma: 25 cm

En la siguiente tabla se presentan todas las estaciones, incluyendo su clasificación y localización.

Tabla 4 Tipos de estaciones en el corredor

Nombre	Tipo de estación	Calle	Entre calles
Central camionera - Tlaquepaque	Elevada	Av. De las Torres	
Nodo de Revolución	Elevada	Calle Francisco Silva Romero	
Tlaquepaque	Elevada	Calle Francisco Silva Romero	Calle Zaragoza
Rio Nilo	Elevada	Calzada Revolución	Calle Rio Nilo
Plaza Revolución	Elevada	Calzada Revolución	Calle Jorge Isaac
Cucei U de G	Elevada	Calzada Revolución	Calle Díaz Mirón
Plaza de la Bandera	Subterráneo	Calzada Revolución	Calzada Del Ejercito
Analco	Subterráneo	Calzada Revolución	Calle Analco
Catedral	Subterráneo	Av. Fray Antonio Alcalde	Calle Morelos
Alcalde Santuario	Subterráneo	Av. Fray Antonio Alcalde	Calle Juan Álvarez
Normal	Subterráneo	Av. Manuel Ávila Camacho	Av. Fray Antonio Alcalde
Federalismo	Elevada	Av. Manuel Ávila Camacho	Calzada Del Federalismo Norte
Circunvalación	Elevada	Av. Manuel Ávila Camacho	Circunvalación Providencia
Plaza Patria	Elevada	Av. Manuel Ávila Camacho	Av. Patria
Basílica	Elevada	Av. Los Laureles	Av. Aurelio Ortega
Mercado del Mar	Elevada	Av. Los Laureles	Av. Pino Suárez
Belenes	Elevada	Av. Los Laureles	Boulevard La Carreta
Periférico Zapopan	Elevada	Av. Tesistan	Calle Arcos de Alejandro

Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2012

1.6. Viaducto

El viaducto tendrá una longitud aproximadamente de 15.75 km, sobre el cual se encontrarán 13 estaciones.

Se proyecta la implantación de una solución elevada para la nueva línea del Sistema de Transporte Urbano de Alta Capacidad de Guadalajara en los siguientes tramos:

- Tramo II: Zapopan - Guadalajara, desde el Periférico por las avenidas Juan Pablo II y Manuel Ávila Camacho hasta el final de esta última (7.80 km).
- Tramo IV: Guadalajara - Tlaquepaque, una vez pasada la calle Independencia por la avenida Revolución hasta la intersección con San Rafael (7.85 km).

Dada la longitud de estructura elevada a construir, se ha optado en lo posible por emplear soluciones consistentes en elementos prefabricados y modulados que permitan un proceso de construcción industrializado y automatizado, con un ritmo de ejecución elevado y un exigente control de calidad.

Viaducto elevado para módulo tipo

La configuración de los módulos de viaducto elevado típicos se ha adaptado a la configuración de las calles y avenidas por donde circula la traza de la nueva línea de metro, de forma que no se afecte al trazado de las mismas ni tampoco se altere el flujo actual de los vehículos. La estructura quedará de este modo ubicada en el camellón central de las amplias avenidas por donde pasará la línea.

El viaducto elevado se modulará, en su mayor parte, con tres claros isostáticos distintos de 37, 40 y 43 m, adaptándose su distribución con el fin de evitar viales y obstáculos inferiores. En puntos singulares de la traza o en las zonas cercanas a las estaciones se podrán alterar dichos valores con el fin de permitir un correcto encaje.

Las luces de cálculo serán iguales a 36, 39 o 42 m dado que se dispondrán entregas de 0.50 m tras los aparatos de apoyo.

La tipología estructural elegida consiste en un tablero metálico compuesto por una sección cajón central de 2.65 m de canto y 2.50 m de ancho sobre la que se conecta una losa de concreto de 25 cm de espesor. Cada 3.00 m se disponen costillas transversales de 5.00 m de longitud y canto variable. El cajón central sirve a su vez para la ubicación del pasillo de evacuación hacia las estaciones o desembarcos por algún pilar. La losa de concreto reforzado con un espesor variable de 30 a 35 cm que conforma la vía en placa se dispone directamente sobre las costillas. El ancho total resultante del viaducto es de 12.50 m. No se dará continuidad estructural en zona de apoyos a las losas de concreto.

Figura 9 Render arquitectónico de estructura de viaducto elevado



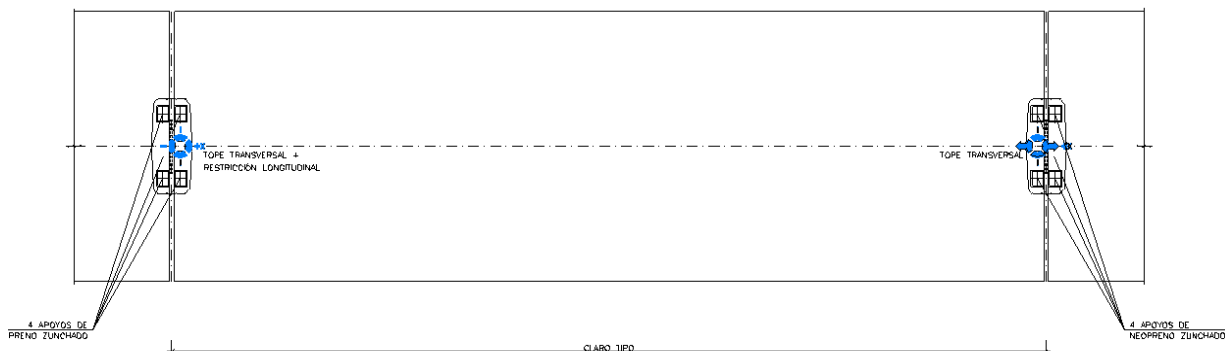
Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2012

La subestructura estará formada por pilas de concreto reforzado con cimentación profunda a determinar de acuerdo al Informe de Estudios Geotécnicos preceptivo para cada tramo de la línea. La sección de las pilas es ovalada y previsiblemente estará formada por la macla de dos círculos. Será constante en toda su altura excepto en cabeza, donde la anchura transversal aumenta de cara a permitir el apoyo de la superestructura.

El diseño de la subestructura es controlado esencialmente por consideraciones relativas al sismo.

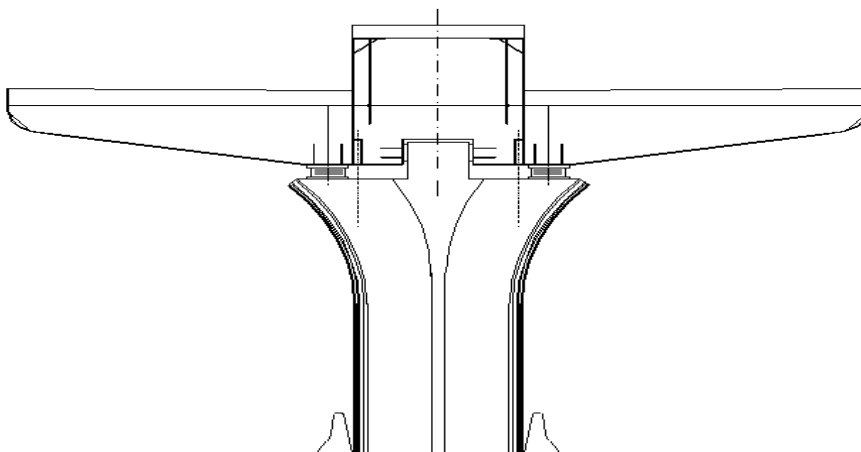
Las cargas verticales y horizontales de servicio de la superestructura se transmiten a las pilas por medio de apoyos de neopreno reforzados con placas de acero. Se dispone asimismo de un sistema para evitar el posible vuelco de la superestructura causado por un eventual descarrilamiento del tren. La transmisión de las fuerzas transversales sísmicas se realiza a través de topes sísmicos dispuestos entre el tablero y el capitel de las pilas. Las fuerzas longitudinales sísmicas se transmiten a las pilas por medio de dispositivos de restricción longitudinal infiltrados en el capitel. Un claro tipo se fija transversalmente para sismo en cada una de las pilas, mientras que longitudinalmente se restringe el movimiento longitudinal en uno de los apoyos.

Figura 10 Esquema en planta de vinculaciones de tablero



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2012

Figura 11 Posible configuración del tope sísmico en cabeza de pila



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2012

Viaducto en estación

La configuración estructural de la superestructura del viaducto elevado en zonas de estación deberá adaptarse para satisfacer los requerimientos funcionales y arquitectónicos.

En esta fase del anteproyecto la estructura correspondiente a las zonas de estación no ha sido definida.

Viaducto en zona de transición

El cajón central se adaptará de cara a permitir el cruce de vías en las zonas adyacentes a las estaciones. En esta fase del anteproyecto la estructura correspondiente a estas zonas está pendiente de definición.

Viaductos singulares

En esta fase del anteproyecto las estructuras en puntos singulares de la traza en los que no se pueda aplicar la solución del Viaducto Elevado tipo no han sido definidas todavía.

1.7. Túnel

Se propone la construcción de un túnel de aproximadamente 4.3 km de longitud, que albergará 5 estaciones subterráneas.

El diseño de propuesta prevé la utilización de anillos de dovelas de tipo universal constituidos por 6+1 dovelas prefabricadas de forma que se definan 19 posiciones posibles para la clave, con tres pernos por dovela normal y un perno para la dovela clave.

El procedimiento propuesto para el diseño es el siguiente: A partir de los parámetros de trazado se determinará la longitud media y conicidad a adoptar en el anillo de dovelas. Se analizará y justificará la tipología más adecuada a utilizar para las juntas radiales y circunferenciales. Paralelamente al diseño geométrico se realizará el diseño estructural, que permitirá definir el espesor del anillo. Como resultado de esta actividad, se presentaran planos con las posiciones de las dovelas y con la definición geométrica de las mismas, incluyendo el detalle de las juntas, elementos de conexión y estanqueidad.

Diseño estructural del anillo de revestimiento

La comprobación estructural preliminar del anillo se hará teniendo en cuenta los siguientes estados de carga:

Situaciones transitorias:

- Esfuerzos en fase de acopio.
- Esfuerzos debidos a la manipulación y el montaje.
- Empuje de gatos de la tuneladora.

Situaciones persistentes:

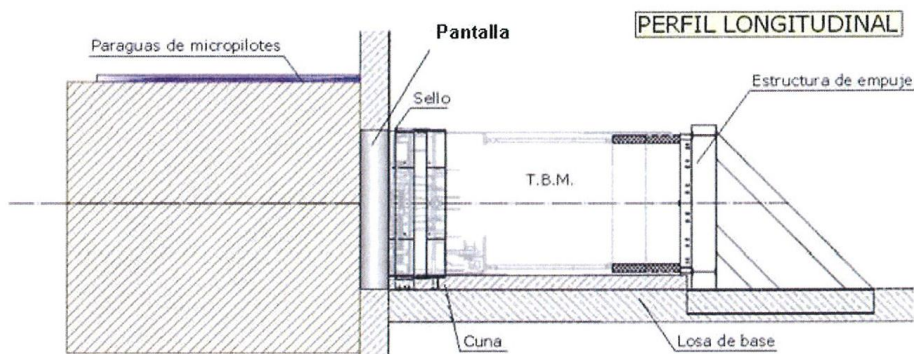
- Empuje de tierras y agua freática.

Situaciones accidentales:

- Sismo.
- Fuego.

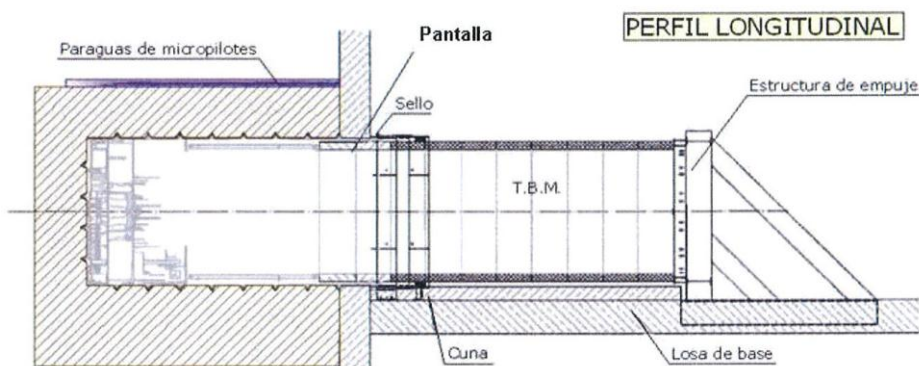
El dimensionamiento estructural del anillo incluirá, asimismo, el diseño de los elementos de conexión y unión entre dovelas. Como resultado del diseño estructural del revestimiento, se presentaran planos de detalle que incluyan el armado de las dovelas, los cuadros de características de los materiales a utilizar y los detalles constructivos de los elementos de conexión entre dovelas.

Figura 12 Lanzamiento de la tuneladora. Fase 1



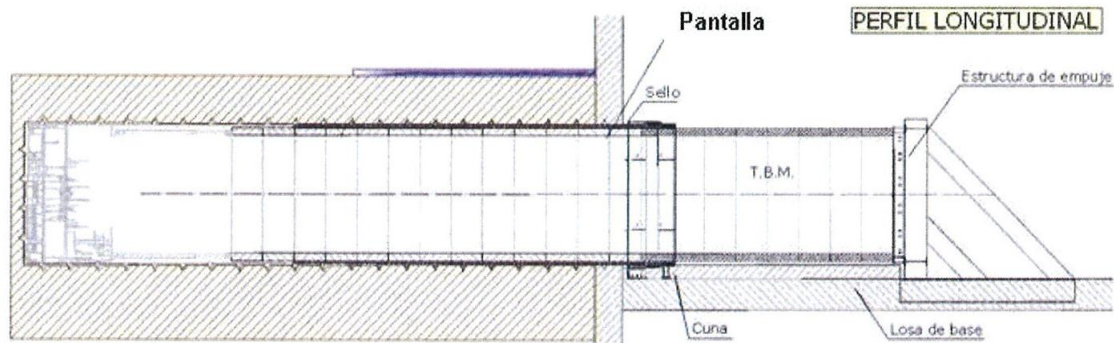
Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2012

Figura 13 Lanzamiento de la tuneladora. Fase 2



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2012

Figura 14 Lanzamiento de la tuneladora. Fase 3



Fuente: Consorcio Senermex - Transconsult 2012

1.8. Características Técnicas del Sistema de Señalamiento, Control de Tráfico y Monitoreo del Servicio

El Sistema de Señalamiento, Control de Tráfico y monitoreo del servicio se encuentra estructurado en los siguientes subsistemas:

- Señalización ferroviaria
- Control del Tráfico
- Mando y Control Centralizado

A continuación se describe las características de cada uno.

Señalización ferroviaria

El sistema de señalización ferroviaria realizará las siguientes funciones básicas:

- Detección de la presencia de los trenes a lo largo de todo el trazado y Talleres y Depósitos.
- Permitir la formación de itinerarios compatibles.
- Controlar el posicionamiento de los accionamientos de aguja acorde a la formación de los itinerarios.
- Informar a los maquinistas de la posición de un escape.

Para cumplir con las funciones anteriores, está prevista la implantación de 4 enclavamientos basados en tecnología electrónica. Cada enclavamiento tendrá como ámbito de control un promedio de 6 km de línea y se prevé dedicar un enclavamiento electrónico con exclusividad para la gestión del tráfico en los Talleres y Depósitos.

Cada uno de los enclavamientos gobernará los siguientes dispositivos existentes en su ámbito de control:

- Equipos de detección de equipos en vía (basados en circuitos de vía o cuentaejes).
- Accionamientos de aguja.
- Señalización vertical de distintos aspectos.

Los enclavamientos serán diseñados acorde a un grado de fiabilidad SIL 4 (fail-safe) disponiendo de sus partes vitales redundadas.

La comunicación entre los elementos controlados y los enclavamientos se realiza mediante el uso de cableado de pares y cuadretes de cobre.

Adicionalmente los enclavamientos disponen de los siguientes módulos de comunicaciones:

- Módulos de comunicación entre enclavamientos colaterales para permitir la ejecución de bloqueos.
- Módulos de comunicación con los dispositivos de pilotaje automático y con el sistema de mando centralizado de tráfico.

Control de Tráfico

El Control de Tráfico estará basado en un sistema de pilotaje automático tipo ATC (Automatic Train Control). Bajo esta tecnología, los trenes serán manejados de forma automática, residiendo en mandos del conductor únicamente las siguientes funcionalidades de conducción:

- Apertura y Cierre de Puertas
- Inicio de Marcha
- Encendido y Apagado de la unidad.

El sistema ATC se basa en la disposición de equipos embarcados en los trenes, equipos en vía y una red de radiocomunicaciones. El diseño del sistema es de alta fiabilidad SIL 4 (fail-safe).

El equipamiento de vía identifica la ubicación de los trenes con máxima precisión y acorde a los itinerarios formados por el sistema, la autorización del enclavamiento y las restricciones existentes en el entorno genera órdenes de movimiento para los trenes de forma segura.

El equipamiento embarcado tiene como funcionalidades generales transmitir datos a vía acerca de la posición de los trenes y su estado de funcionamiento y transmitir a los sistemas del tren las órdenes enviadas desde vía.

La comunicación bidireccional entre equipos embarcados y equipos en vía se realiza mediante un sistema de comunicaciones inalámbrico de alta disponibilidad. Para ello será preciso proceder a un despliegue de antenas a lo largo de todo el trazado.

Finalmente, el sistema de control de tráfico dispone de una aplicación software, denominada ATS que se responsabiliza de la regulación automática de los trenes. Acorde a un Plan de Circulación Diario o PCD, esta aplicación se responsabiliza de enviar las solicitudes de movimientos de trenes. En el caso de retraso debido a incidencias en la línea, se responsabiliza de reajustar los movimientos de trenes a fin de alcanzar nuevamente el intervalo de explotación definido en el PCD.

Las comunicaciones del sistema ATC se realizan a través de la red de datos multiservicios.

Mando y Control Centralizado

Existirá un Centro de Control de la línea, que operará como núcleo de operación de la línea. En el Centro de Control se recibirá toda la información referente al estado de la circulación y los sistemas y se enviarán todas las órdenes y mandos necesarios, acorde a una filosofía de Explotación definida en el Manual de Explotación.

En el Centro de Control existirán distintos puestos de operador, cada uno diseñado de forma específica para atender una función o un conjunto de funciones de mando específicas. Los puestos de operador se organizan en áreas funcionalmente similares, a fin de potenciar su efectividad en la operación:

- **Área de Operadores:** Destinados a la supervisión de los sistemas de tráfico, energía (Media Tensión) y principales sistemas electromecánicos de las estaciones (Ascensores, Elevadores, Baja Tensión, Peaje,...). En esta área se ubican los siguientes puestos de operador:
 - Regulador de Tráfico.
 - Regulador de Energía
 - Supervisor de Línea
- **Centro de Seguridad:** Área destinada a la supervisión y mando de los sistemas de seguridad de la línea, en concreto a los sistemas de CCTV, Control de Accesos, Ventilación Mayor, PCI e Interfonía (botón SOS). En esta área se ubican los siguientes puestos de operador:
 - Operador de Seguridad
 - Coordinador de Seguridad
- **Centro de Información y Atención al Usuario:** Área destinada a proporcionar información a los usuarios de la línea así como a atender las llamadas de interfonía (INFO). En esta área se ubican los siguientes puestos de operador:
 - Operador de Interfonía
 - Operador de Voceo y Teleindicadores.
- **Área de Mantenimiento:** Destinada al personal encargado de efectuar el primer nivel de mantenimiento (24x7), supervisando mediante plataformas software de monitorización el estado de funcionamiento de los sistemas de la línea y coordinando

las actividades e intervenciones de mantenimiento. En esta área se ubican los siguientes puestos de operador:

- Experto en tráfico.
- Experto en telecomunicaciones y peaje.
- Experto en energía.
- Experto en sistemas electromecánicos.

Los distintos operadores harán uso de un conjunto de mandos centralizados, especializados por sistemas, que les brindarán las prestaciones de monitorización y control necesarias para el control de los sistemas de la línea y especialmente de la circulación de trenes. En concreto se contemplan los siguientes mandos centralizados:

- **Mando Centralizado de Tráfico**, destinado a la supervisión y control del sistema de control de tráfico.
- **Mando Centralizado de Energía**, destinado a la supervisión y control de las Subestaciones de Alta Tensión (SEAT), los anillos de distribución en 23kV de tracción y Estaciones así como las Subestaciones de Alumbrado y Fuerza (SAF) y de Rectificación (SR).
- **Mando Centralizado de Estaciones**, destinado a la supervisión y control de los sistemas electromecánicos de la estación, en concreto los Elevadores, Escaleras mecánicas, Alumbrado y Baja Tensión, Peaje, Ventilación de Estación e Instalaciones hidro-sanitarias.
- **Mando Centralizado de Seguridad**, destinado a la supervisión y control de los sistemas de seguridad, en concreto el CCTV, Control de Accesos, Ventilación Mayor y PCI

1.9. Alimentación y suministro eléctrico

Las necesidades energéticas del Corredor Diagonal de Guadalajara, en términos eléctricos, deben satisfacer las demandas del material móvil (flota de trenes en circulación, captando la energía desde la catenaria) y los servicios propios (alumbrado y fuerza, básicamente) de todas las instalaciones emplazadas a lo largo de la línea, a saber: 18 estaciones, instalaciones de Talleres y Depósitos, e Instalaciones de Ventilación Mayor interestaciones, si las hubiere.

Para el suministro eléctrico de las anteriores instalaciones, se va a dotar al Corredor Diagonal de Guadalajara de una red interna y propia de distribución de energía eléctrica en Media Tensión, para dar suministro a todas las instalaciones. La tensión nominal de dicha red será 23 kVca, acorde al nivel de distribución en media tensión existente en la ciudad de Guadalajara, y en consonancia con las líneas L1 y L2 existentes.

Diseño red Alta Tensión

Esta red interna a 23 kVca se generará desde dos subestaciones eléctricas de alta tensión, o SEAT's, ubicadas en los extremos de la línea. Dichas SEATs se conectarán a la red de muy

alta tensión 230 kVca, desde sendas subestaciones de CFE (Comisión Federal de Electricidad), cuya factibilidad de conexión ha sido ya consensuada.

En las mencionadas SEAT's existirá transformación 230/23 kVca, con una potencia estimada de 1x30 MVA. Una de ellas se ubicará en las proximidades de la estación terminal ZAPOPAN, y la segunda se ubicará en el otro extremo de la línea, anexa a las instalaciones de Talleres y Depósitos, en una edificación exclusiva a tal fin.

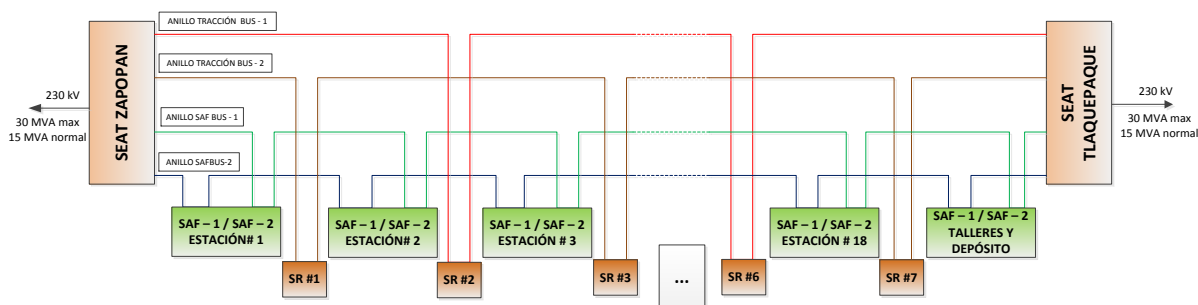
Ambas se diseñan con tecnología blindada (subestaciones GIS) de forma que su volumetría y su impacto visual sean mínimos. La SEAT ZAPOPAN, además, se ubicará enterrada, en una de las plazas públicas próximas a dicha estación. Las acometidas 230 kVca serán mediante cable seco en zanja, desde las subestaciones SE SAN MARTÍN y SE TUZANIA, ésta última ubicada a unos 8 km de la estación terminal de Zapopan.

En cada SEAT se generarán dos anillos, uno para TRACCIÓN y otro para ALUMBRADO Y FUERZA; cada anillo estará formado por dos buses, con trazados lo más independientes posibles:

- El anillo de TRACCIÓN alimentará las subestaciones de rectificación (SR) necesarias; uno de los buses alimentará las SRs pares (SR2, SR4, ...), y el otro bus, las impares (SR1, SR3, ...). Cada SR tendrá una acometida 23 kVca como entrada y salida del bus correspondiente.
- El anillo de ALUMBRADO Y FUERZA alimentará las subestaciones de alumbrado y fuerza (SAF) de las estaciones y Talleres y Depósito. Como cada uno de ellos dispondrá de dos subestaciones SAF (SAF-1 y SAF-2), cada una de ellas se conectará a cada bus del anillo; cada acometida 23 kVca se realizará como entrada y salida del bus correspondiente.

Cada anillo se podrá alimentar, de forma redundante, desde cualquiera de las SEATs; además, cada bus de cada anillo se dimensionará para el total de la carga del anillo correspondiente.

En la siguiente figura se resume la arquitectura de la red de energía del Corredor Diagonal de Guadalajara:



SOLUCIÓN: CONFIGURACIÓN EN ANILLO

CADA SR/SAF tiene doble conexión a un bus del anillo correspondiente

Diseño red de tracción

La tensión de electrificación propuesta es de 1,500 Vcc, con el fin de minimizar el número de subestaciones de rectificación necesarias, y por tratarse de un nivel de tensión más eficiente que el nivel 750 Vcc.

La captación de energía del material rodante se realizará a través de pantógrafo, desde la línea aérea de contacto, que estará formada por catenaria flexible en el tramo elevado (viaducto), catenaria rígida en el túnel y catenaria tipo trolley en Talleres y Depósitos.

Las subestaciones de rectificación deberán transformar y rectificar la energía eléctrica desde 23 kVca a 1,500 Vcc.

Para determinar el número de subestaciones de rectificación, su ubicación ideal, y su configuración y potencia nominal, se ha realizado una simulación eléctrica de tracción, teniendo en cuenta:

- El trazado de la línea (planta y perfil)
- El material móvil de diseño (trenes de 3-4 carros, con una capacidad para 700 personas); y
- La flota de trenes, para un intervalo de circulación de 120 s.

Para el diseño del sistema de electrificación se han tenido en cuenta también los siguientes criterios:

- Potencia de los grupos transformador – rectificador: No se admitirán sobrecargas superiores a las definidas por la norma EN 50329 y en condiciones permanentes de trabajo, la potencia demandada debe ser igual o inferior a la potencia nominal del grupo transformador – rectificador.
- Tensión en catenaria: La mínima tensión en catenaria será igual o superior al valor especificado en la norma EN 50163 (1,000 Vcc), de igual forma, no se admitirán

sobretensiones en catenaria por encima de 1,900 Vcc (derivadas del frenado regenerativo del material móvil).

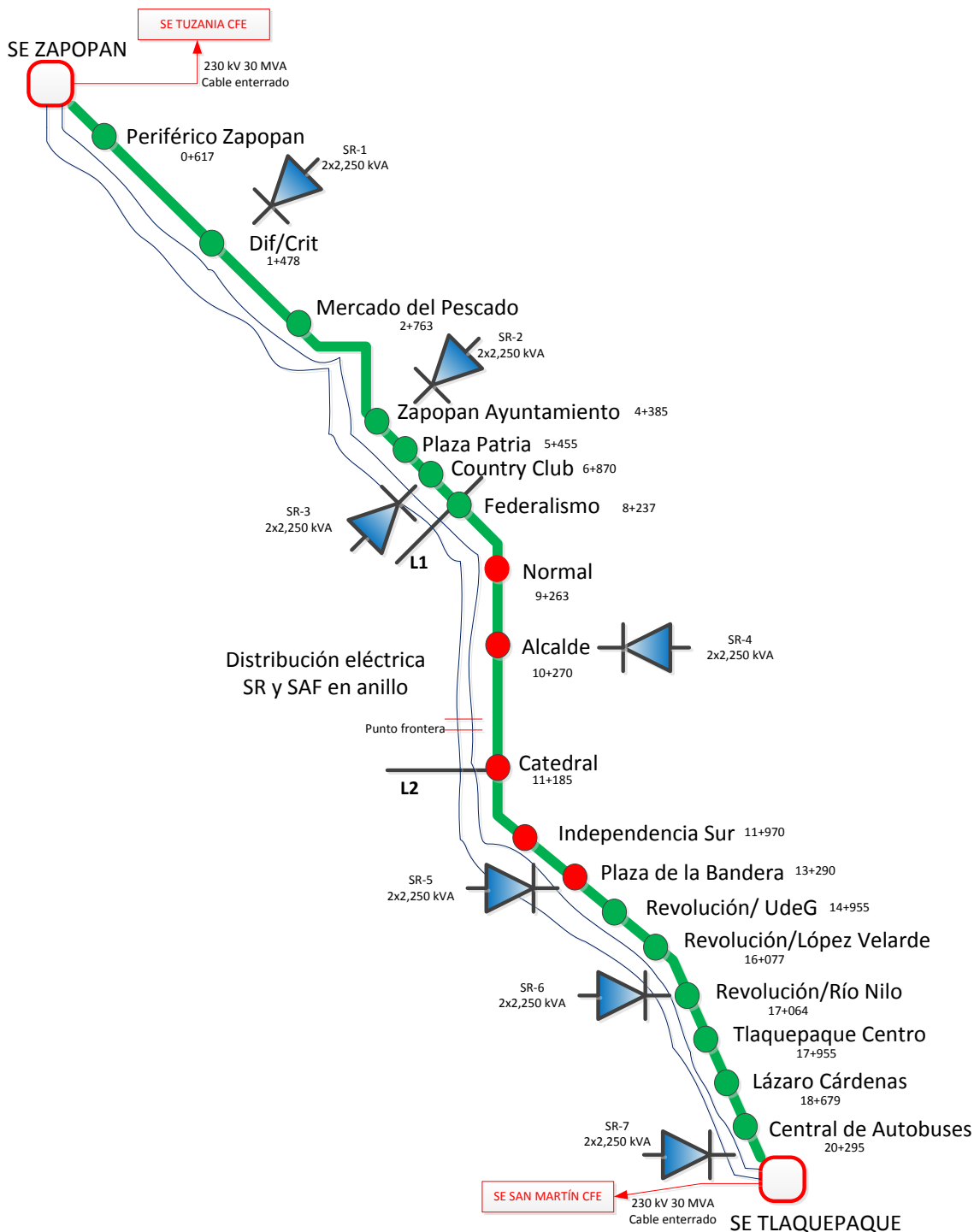
- Tensión máxima accesible riel – tierra: Acorde a la normativa EN 50122-1, la tensión máxima admisible entre riel y tierra será de 120 Vcc.
- Estos criterios de aceptación se deben cumplir tanto para condiciones normales como para condiciones degradadas de explotación, entendiendo como tal la falla total de una subestación de rectificación.

La simulación eléctrica de tracción dio como resultado un total de 7 subestaciones de rectificación, una de ellas de doble funcionalidad, con unos grupos transformador-rectificador destinados al ámbito Talleres y Depósito y otros grupos destinados a vía general.

La configuración y potencia nominal de cada una sería 2x2,000 kW, esto es, doble grupo transformador-rectificador de potencia nominal 2,000 kW.

La ubicación propuesta para dichas subestaciones se representa en la siguiente tabla y gráfico:

Código	Subestación	Pk [m]	Pot. instal [kW]
SR-1	Dif / Cirt	1,515	2x2,250 kVA
SR-2	Zapopan Ayuntamiento	4,430	2x2,250 kVA
SR-3	Country club	6,915	2x2,250 kVA
SR-4	Alcalde	10,315	2x2,250 kVA
SR-5	Plaza de la bandera	13,335	2x2,250 kVA
SR-6	Revolución / Rio Nilo	17,109	2x2,250 kVA
SR-7	Central de autobuses	20,340	3x2,250 kVA



Las necesidades de espacio en cada estación se han consensado con la disciplina Arquitectura; en las estaciones elevadas, las subestaciones de rectificación se ubicarán en la

sombra del viaducto, junto al resto de salas técnicas. En las estaciones enterradas, dispondrán de sala específica en Nivel Distribuidor de la estación, con acceso de equipos desde vía.

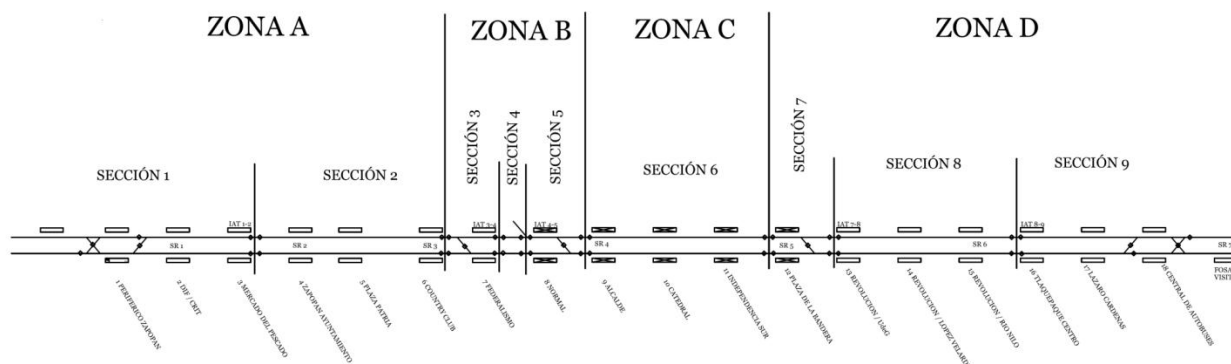
En cuanto a la tecnología de los equipos:

- Las celdas de media tensión (23 kVca) serán aisladas en SF6, con disyuntores de ejecución fija;
- Los rectificadores irán instalados sobre carros extraíbles, montados en celdas que formarán un frente común con el resto de tablero de tracción;
- Los transformadores de tracción serán de aislamiento seco;
- La rectificación será dodecafásica (12 pulsos), de forma que en cada subestación de rectificación existirán dos grupos hexafásicos, pero cuyos transformadores de tracción tendrán devanados alternos delta-estrella, con lo que el conjunto de la subestación de rectificación se comportará como un rectificador dodecafásico.
- La alimentación a vías será en modalidad vías unidas, es decir, un mismo disyuntor extrarrápido alimentará, mediante sendos seccionadores de vía, las vías del cantonamiento en cuestión.
- Los seccionadores de vía se ubicarán en sala anexa a la propia subestación de rectificación; en caso de estaciones donde no exista SR, se dispondrá de sala específica para la ubicación de los seccionadores de vía (SV) e interruptores de aislamiento telemandados (IAT) si procede.

El diseño del esquema de electrificación se ha realizado en base al esquema de vías previsto en el trazado, y al modo operativo del proyecto, y los servicios provisionales establecidos en él. Con ello, resulta el siguiente esquema de electrificación, en el que:

- Existen un total de 7 subestaciones de rectificación para alimentación de vía general;
- Se definen un total de 4 zonas eléctricas (A, B, C y D) y 9 secciones eléctricas, para lo cual:
- 3 subestaciones eléctricas SR quedarán conectadas en “ Π ”;
- 4 subestaciones eléctricas SR quedarán conectadas en “T”;
- Habrán 5 IATs (interruptores de aislamiento telemandados) a lo largo de la línea.

En la siguiente figura, se representa el esquema de electrificación previsto para la línea:



Diseño red de alumbrado y fuerza

La red de alumbrado y fuerza de cada estación y Talleres y Depósito se concibe a partir de dos subestaciones de alumbrado y fuerza (SAF). Cada SAF se alimentará en 23 kVca desde uno de los buses del anillo de Alumbrado y Fuerza.

Cada SAF transformará la media tensión 23 kVca en baja tensión 220-127 Vca (y 440-254 Vca en Talleres y Cocheras), mediante transformador de aislamiento seco y de potencia nominal suficiente según balance de cargas (200 kVA en estaciones elevadas y 500 kVA en estaciones enterradas). En Talleres y Depósitos se plantean 4 transformadores de potencia 500 kVA, 2 con relación 220-127 Vca y otros dos de relación 440-254 Vca).

Las celdas de media tensión serán de tecnología aislamiento en SF6 y disyuntor de ejecución fija.

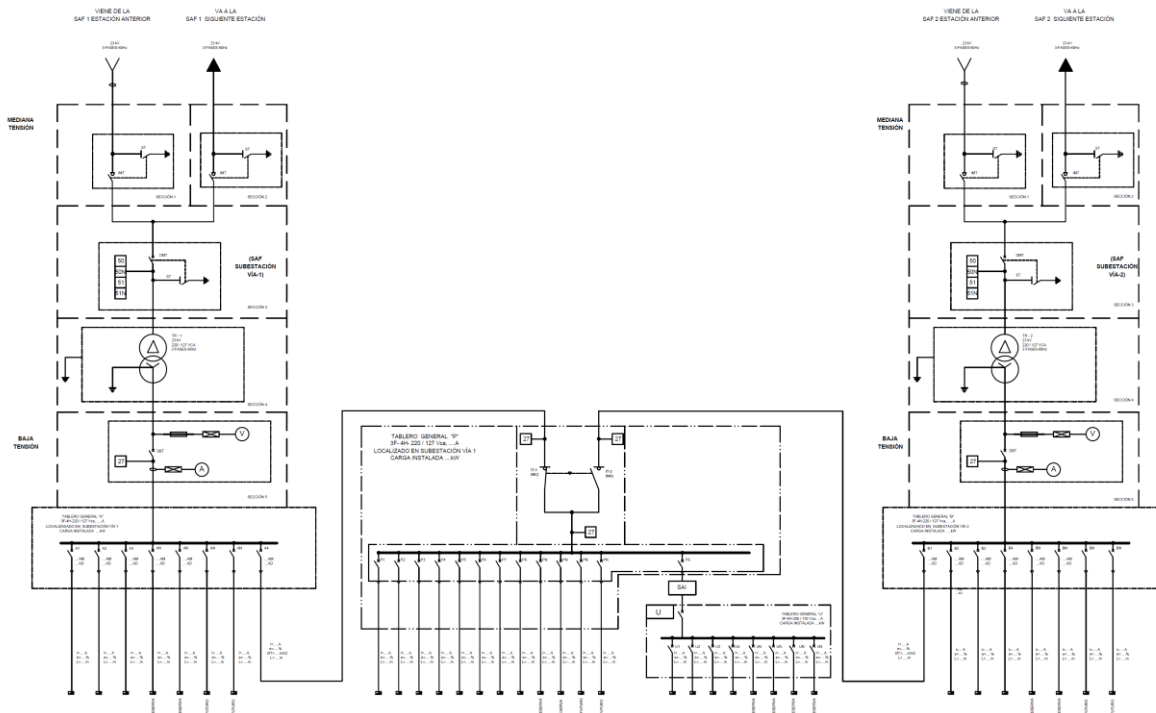
Cada SAF alimentará un tablero de distribución de baja tensión, tablero "A" y tablero "B" respectivamente. Desde estos dos tableros, se alimentarán las cargas consideradas no prioritarias para la operación de la línea, repartidas entre ambos tableros.

Existirá un tercer tablero, tablero "P", desde donde se alimentarán las cargas consideradas prioritarias para la operación de la línea. Este tablero "P" dispondrá de una conmutación automática para poder alimentarse bien del tablero "A", como del tablero "B".

Para las cargas consideradas críticas, se dispondrá de una unidad redundante SAI (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) con la autonomía y potencia suficiente para la estación en cuestión (50-75 kVA, según estaciones y 120 minutos). La distribución SAI se realizará desde el correspondiente tablero "U" de respaldo.

No existirán pozos de ventilación en los tramos interestación, estando los equipos de ventilación ubicados en la propia estación, y alimentados desde las SAFs de la estación en cuestión.

En la siguiente figura, se representa un esquema de la arquitectura de distribución en Baja Tensión de una estación tipo:



Ubicación de salas técnicas y pasos de instalaciones

Las salas técnicas de energía se resumen en:

- Subestación de rectificación (SR)(, en las estaciones que proceda
- Sala de tracción, para los seccionadores de vía y aisladores de aislamiento telemandados, en las estaciones que proceda
- Subestación de alumbrado y fuerza (SAF), dos por estación y Talleres y Depósitos con la transformación MT/BT y los tableros principales de distribución BT (“A”, “B” y “P”).
- Sala de Baja Tensión, para todos los tableros secundarios de distribución y los tableros de respaldo “U”
- Sala SAI, con el sistema de alimentación ininterrumpida (baterías y cargador de baterías y rectificador/ondulador).
- Sala BT a nivel de andén, para distribución terciaria de circuitos BT, en estaciones elevadas.

Los espacios y ubicaciones necesarias todas las salas técnicas se han consensuado con la disciplina Arquitectura:

- En estaciones elevadas, todas las salas técnicas se ubican enterradas, bajo la sombra del viaducto, exceptuando la sala BT a nivel de andén;
- En estaciones subterráneas, todas las salas técnicas se ubican en el Nivel Distribuidor de la estación
- En Talleres y Depósito, se ubicarán en zona específica.

En cuanto a los anillos de media tensión, en el tramo elevado (viaducto) los cables discurrirán por el interior de la viga metálica que soporta el viaducto, cada bus por sectores de incendio independientes. Al llegar a la estación elevada, los cables descenderán por el pilar del viaducto y circularán por el área técnica (enterrada) hasta el siguiente pilar de la estación, por el que volverán a ascender al viaducto.

En el tramo enterrado, los cables discurrirán por el túnel en canalizaciones independientes (hastial y canalización tubular).

Para los cables 230 kVca de acometida a las SEATs, con aislamiento seco, discurrirán enterrados en zanja desde la subestación de cabecera de CFE hasta la propia SEAT. Para el caso de la SEAT TLAQUEPAQUE, la subestación SE SAN MARTÍN se encuentra prácticamente al lado; en cambio, para la SEAT ZAPOPAN, la acometida tendrá una longitud de unos 8 km, desde la subestación CFE SE TUZANIA.

1.10. Características técnicas de los talleres

Aspectos generales

El patio sirve para estacionar el material móvil operativo fuera de servicio, especialmente durante las horas nocturnas no operativas del sistema. Así, el material móvil operativo, es decir la flota necesaria para operación en la hora punta más la reserva operacional, todos en perfecto estado técnico, será almacenado en una forma concentrada, vigilada y protegida contra el potencial vandalismo y/o inclemencias del tiempo.

Por tanto, el patio almacenará las flotas denominadas Fo (flota operativa) y FR (reserva operacional).

Por el contrario, el material móvil fuera de servicio, ya sea en mantenimiento preventivo y/o reparativo, revisiones, etc. (es decir la flota FM) estará, evidentemente, ubicado en el taller del sistema.

Debido a que el conjunto patio/taller es una instalación fija indispensable durante toda la larga vida útil del sistema, su planificación debe basarse en un Plan Director a plazo más largo posible y su materialización/implantación efectuada por etapas, plenamente compatibles. El Plan Director consecuentemente sirve para la definición de la probable última etapa de desarrollo del conjunto y para posibilitar la reserva de los terrenos correspondientes, así como

para la definición de las etapas iniciales e intermedias como partes orgánicas del plan general y realizables sin ningún tipo de perjuicios, demoliciones, reconstrucciones etc, de significado.

La primera etapa debería cubrir todas las necesidades del sistema en los primeros ~ 15 años de su explotación, sin necesidad de modificaciones, la última etapa debería reflejar las necesidades estimadas para el 30º - 35º año de explotación, coincidiendo más o menos con la vida útil de material móvil (30 – 35 años).

Taller

El taller de Tlaquepaque estará diseñado para realizar todas las tareas de mantenimiento y reparación de los trenes de la línea 3.

Tipos de intervenciones a realizar

Se considera que en taller se realizarán las siguientes intervenciones:

- Revisiones y rehabilitaciones de Mantenimiento Preventivo.
- Reparaciones de Mantenimiento Correctivo.
- Reparaciones de menor entidad no programadas.

El esquema de realización de dichas intervenciones en el tiempo ha sido adoptado tras el análisis de la experiencia existe sobre las mismas en distintas líneas de metro.

Inspecciones y revisiones de Mantenimiento Preventivo

Las intervenciones de Mantenimiento Preventivo responden a la filosofía de realización de operaciones frecuentes cuyo objetivo es garantizar la seguridad y fiabilidad del comportamiento de los vehículos en la explotación diaria, efectuando las comprobaciones pertinentes de órganos y equipos y sustituyendo las piezas sometidas a desgaste o que exceden de los períodos estipulados (escobillas, aceites, labios de contacto de contactores, etc.).

Las intervenciones a considerar en este punto serán las siguientes:

- Inspecciones que son intervenciones del primer nivel y que son de menor importancia y mayor frecuencia:
- Inspección servicio/confort.
- Inspección órganos de rodadura/confort.

Revisiones que son intervenciones de segundo nivel y que requieren el levante del vehículo y con frecuencia la sustitución de órganos importantes.

- Revisión limitada.
- Revisión limitada mayor
- Revisión general.
- Revisión general mayor.

También se han incluido intervenciones en el eje de rodadura que son de alta frecuencia:

- Parámetros Ruedas Automático.
- Reperfilado de Ruedas.

Reparaciones de Mantenimiento Correctivo

Las intervenciones de Mantenimiento Correctivo son las que hay que realizar para solucionar las averías que puedan suceder durante la explotación de los vehículos. Normalmente son de poca entidad y sólo en algunas ocasiones, siempre que el Plan de Mantenimiento esté bien diseñado, se requerirán medios importantes para su resolución.

Las intervenciones a considerar en este punto serán las siguientes:

- "Reparación simple" que corresponde a averías de pequeña importancia, normalmente detectadas por el personal de conducción.
- "Reparación compleja" que corresponde a averías incidentales que suceden con no mucha frecuencia durante la explotación.

Reparaciones de menor entidad (debido a accidentes de menor importancia)

Son pequeñas intervenciones necesarias para reconstruir el material que puede resultar dañado como consecuencia de accidentes de pequeña entidad o de vandalismo.

Equipamiento

En la zona de taller se implantarán vías en foso pilarillos y vías de levante.

Además se dotará a las instalaciones de las siguientes instalaciones específicas:

- Vía de torno de ruedas.
- Vía de Lavado
- Cabina de pintura de cajas.
- Instalación de soplado de bogies.
- Gira-bogies
- Puentes-grua de distinta capacidad.

1.11. Sistemas ferroviarios

Los componentes correspondientes a los sistemas ferroviarios son los siguientes:

- Red de Datos Multiservicios
- Sistemas basados en tecnología digital
- Aseguramiento (securization) de sistemas
- Integración Tarifaria
- Atención al cliente centralizada

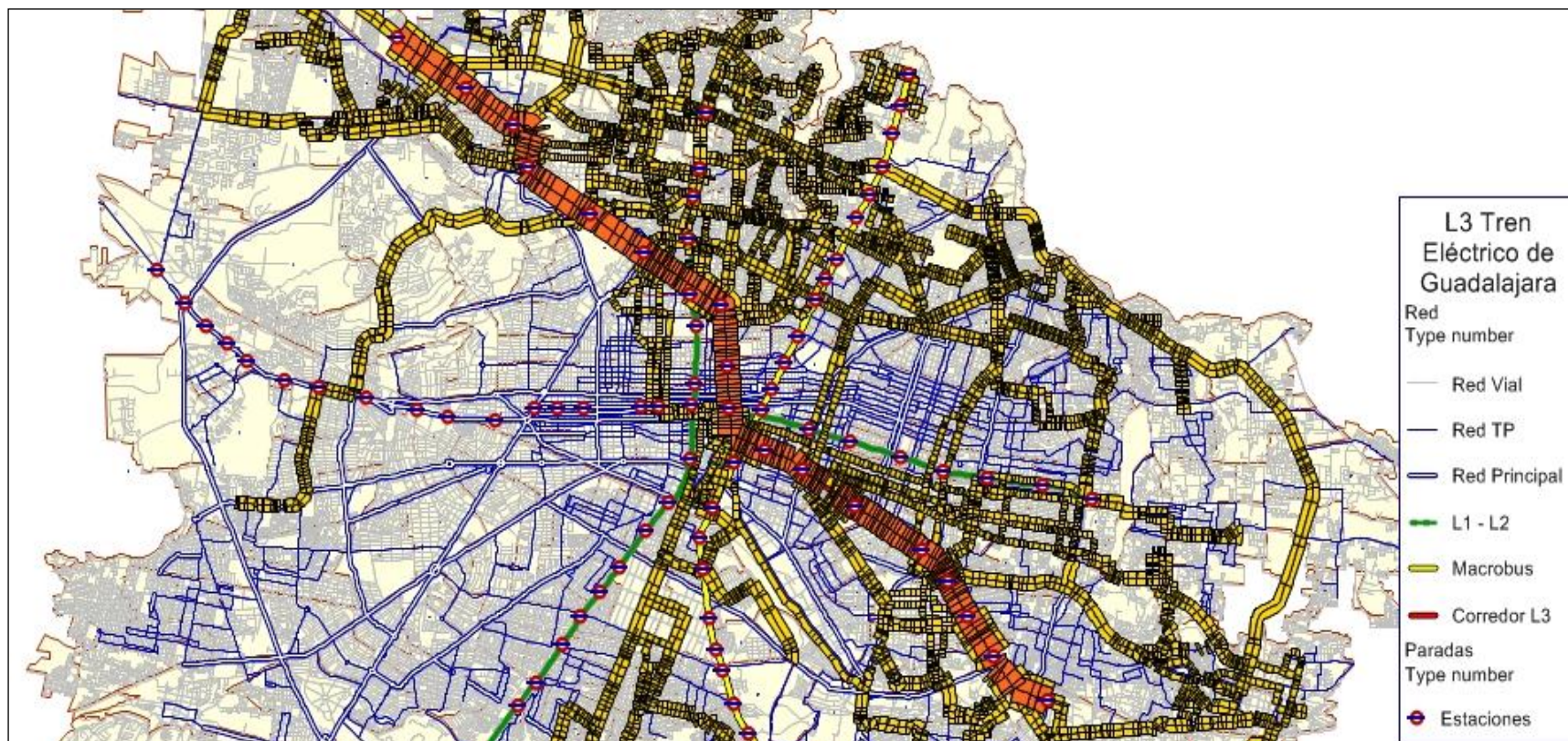
- Mando Centralizado
- Trunking digital basado en (TETRA)
- Pantallas multimedia en estaciones

1.12. Características básicas de la calidad del servicio

- Reestructuración intensa de rutas alimentadoras de la L3 del Tren Eléctrico de Guadalajara.

Escenario compuesto por una reestructuración más agresiva de la red de rutas actual, con la finalidad de llevar mayor demanda de pasajeros a la línea 3 del Tren Eléctrico de Guadalajara.

Figura 15.-Escenario con proyecto. Reestructuración intensa de rutas alimentadoras de la L3 del Tren Eléctrico de Guadalajara.



Fuente: Transconsult, S.C.

Este escenario toma como punto de partida las modificaciones hechas a las rutas en la reestructuración simple, donde adicionalmente se modifican 18 rutas, de las cuales 10 modifican su trazo y 8 son divididas en dos rutas.

Después de haber sido determinado el escenario final de asignación, se establecieron dos escenarios complementarios entre sí que permiten lograr una captación mayor de pasajeros para la Línea 3 del Tren Eléctrico de Guadalajara.

De estos dos escenarios en la HPM para el año 2012 se obtuvo que:

- Al integrar tarifariamente la oferta de las rutas alimentadoras con la Línea 3 del Tren Eléctrico de Guadalajara se obtiene una demanda de 198 mil pasajeros lo que representa un incremento del 20% respecto a la situación sin integración tarifaria.
- La demanda obtenida al ajusta el intervalo de paso del tren fue de cerca de 194 mil pasajeros, el ajuste es necesario para balancear la relación entre oferta y demanda del sistema.
- Los indicadores de tiempos de viaje promedios no presentan variaciones significativas al momento de aplicar los ajustes, por lo que solo varía en forma favorable la demanda al proyecto.

Del análisis y pronóstico de las variables socioeconómicas necesarias para el pronóstico de la demanda en los años horizonte se generaron dos escenarios de pronóstico de la demanda:

- Escenario Tendencial que se basa en el comportamiento histórico de la población y el empleo, siguiendo las políticas y prácticas que se han ido observando en los últimos años en la zona metropolitana de Guadalajara.
- Escenario Orientado, que se basa en un crecimiento influenciado por la introducción del proyecto en el corredor, generando un cambio de dinámica en la zona de influencia del mismo.

Una vez obtenidos los pronósticos de las variables socioeconómicas y establecido el escenario de oferta, se generaron dos escenarios de demanda a los años horizonte, es importante recordar que el año esperado de inicio de operación del proyecto es el 2017.

- Del escenario tendencia al año 2017 se espera una demanda de 221 mil pasajeros diarios, con un crecimiento pronosticado anual del 1.2% para llegar a cerca de 295 mil pasajeros en el 2042.
- Del escenario orientado al año 2017 se espera una demanda de 220 mil pasajeros diarios con una tasa de crecimiento anual de 1.4% para llegar a los 315 mil pasajeros diarios en el 2042.

Seleccionando el escenario Orientado por ser el que aporta la mayor demanda a los años horizonte de estudio se le incluye una demanda producto de un esperado cambio modal

de los usuarios del transporte privado al transporte privado por efecto de contar con servicio eficiente que los lleve a sus actuales destino dando como resultados finales los siguientes:

- Una demanda de 233 mil pasajeros en el año esperado de apertura de la Línea 3 del Tren Eléctrico de Guadalajara.
- Una tasa de crecimiento anual de 1.6% hasta el 2042 para llegar a los 348 mil pasajeros diarios.

De los escenarios adicionales analizados en la HPM del año 2012 para determinar la sensibilidad a la tarifa de los pasajeros se obtuvo lo siguiente:

- La tarifa que maximiza los ingresos de la Línea 3 sin integración tarifaria con la red de rutas alimentadoras es la de \$6.00 con una demanda de cerca de los 172 mil pasajeros diarios.
- El intervalo de paso de 3 minutos es el que presenta la mayor captación de la demanda con 189 mil pasajeros diarios.
- La integración tarifaria total del sistema generaría una demanda de 190 mil pasajeros diarios generando un mayor número de transferencias de los usuarios.

1.13. Diseño Conceptual de la integración intermodal y con rutas alimentadoras

Conexión con líneas estructurales de transporte existentes

La nueva línea tendrá conexión con las líneas estructurales existentes en las siguientes estaciones:

- Federalismo: En este punto se cruzan las líneas 1 y 3 del metro de Guadalajara. Para resolver adecuadamente la conexión entre líneas la estación de la línea 3 dispondrá de un acceso colocado junto al acceso peatonal de la estación de la línea 1 existente en la esquina sur-este del cruce entre las calles Federalismo y Ávila Camacho. Este acceso dispondrá de un edículo que permitirá realizar a los usuarios la conexión entre líneas sin verse afectados por las inclemencias meteorológicas.
- Catedral: En este punto se cruzan las líneas 2 y 3 del metro de Guadalajara. Aprovechando que en el cruce de las calles Fray Antonio Alcalde y Benito Juárez confluyen los testeros de ambas estaciones se ha diseñado una conexión que permite el paso directo desde los andenes de la estación de la línea 2 hacia la estación de la línea 3.

Para ello se construirán unas conexiones en cabecera de cada uno de los andenes de la línea 2 compuestas, cada una de ellas, por una escalera fija, una

escalera mecánica y un ascensor que descienden un nivel y conectan con el nivel intermedio de la estación de la línea 3. Desde este nivel intermedio se accede directamente a cada uno de los andenes de la estación de la línea 3, resultando una conexión óptima que no requiere pasar por las barreras canceladoras.

- Independencia Sur: En esta estación se realiza con las líneas de Metrobus que discurren por la avenida Independencia Sur. La estación de la línea 3 dispondrá de un acceso en superficie que ocupará la totalidad de la parcela delimitada por las calles Revolución, Independencia Sur, Ferrocarril y San Fernando. En esta parcela se construirá un edificio que contendrá el acceso a la estación de metro y cuya cubierta cruzará sobre los carriles de la calle Independencia Sur que van en dirección Sur para posibilitar que las personas que realicen el intercambio Metrobus-Metro sin verse afectados por las inclemencias meteorológicas.

Planteamiento General de Reestructuración de la Red Urbana de Transporte en el Área de influencia del corredor

En la etapa de la propuesta de reestructuración de las rutas se han definido 4 tipos: troncales, auxiliares, alimentadoras y remanentes o convencionales. Debido a que hay una ampliación de la cobertura de las rutas del nuevo corredor del tren ligero, algunas rutas sufren modificaciones y se recategorizan y otras más se eliminan o se crean rutas nuevas. A continuación se explican las características de cada tipo de ruta:

- Rutas troncales férreas: Son rutas con tecnología basada en líneas de tren ligero con carriles segregados que operan en infraestructura subterránea, a nivel o elevada.
- Rutas troncales de autobuses (Macrobus): Son rutas de autobuses que operan normalmente en carriles con derecho de vía exclusivo en superficie con circulación rápida y frecuente (BRT).
- Rutas troncales flexibles. Estas rutas de autobuses que se presentan como una variante de rutas troncales. Las rutas troncales flexibles operan, mediante autobuses con puertas en ambos lados, tanto dentro de corredor troncal confinado (con ascenso/descenso de pasajeros por puertas izquierda) como en vías convencionales (con ascenso/descenso de pasajeros por puertas derecha).
- Rutas Auxiliares: Generalmente ofrecen el servicio de transporte conectando por lo menos dos terminales y el recorrido no se hace por las vías principales. El principal objetivo es brindar cobertura dentro de la ciudad y permitir las transferencias dentro del sistema integrado.
- Rutas Alimentadoras: Este tipo de servicio se ofrece principalmente hacia la periferia de la ciudad y conectan únicamente con una terminal.

- Rutas modificadas: La mayoría de este tipo de rutas conservan la estructura actual, pero, sufren ligeras modificaciones en tramos cortos de recorrido actual o se realizan alargamientos.
- Rutas nuevas: Las rutas nuevas se crean porque actualmente no existen los recorridos que en estas se proponen.
- Rutas remanentes o convencionales: Son rutas que ofrecen el servicio de transporte dentro del área urbana de la ZMG, pero que no están integradas a las rutas troncales.

Las rutas que conforman el sistema integrado en evaluación son:

- Rutas troncales férreas.
- Rutas troncales de autobuses.
- Rutas troncales flexibles.
- Rutas Auxiliares.
- Rutas Alimentadoras

Se plantea que en la propuesta de integración de la nueva línea del tren ligero con las rutas alimentadoras se utilicen 4 tipos de vehículos: minibús de 6 m. de longitud con capacidad de 38 pasajeros, autobuses de 8.5 m con capacidad de 70 pasajeros, autobuses largos con capacidad de 90 pasajeros y padrones con capacidad de 100 pasajeros. Para el diseño operativo final se utilizará un nivel de ocupación del 85% para el diseño operacional.

Tabla 5. Tipos de vehículos y capacidades propuestos para las rutas alimentadoras del tren ligero

Tipo	Longitud (m)	Asientos	Pasajeros de pie	Capacidad total (pass.)	Nivel de ocupación al 85% (pass.)
Minibús	6.0	24	14	38	32
Autobús	8.5	40	30	70	60
Autobús largo	11.0	40	50	90	77
Autobús Padrón	12.0	Variable		100	80

Fuente: Elaboración propia

La asignación de tipo de vehículo por ruta se llevará a cabo con base en la magnitud de la demanda con el objetivo de evitar sobreoferta de asientos. Una asignación correcta del tipo de vehículo tiene como ventaja un ahorro en los costos de operación vehicular ya que conforme el vehículo tiene mayor tamaño se incrementa en costo.

Se plantea la operación de las rutas alimentadoras atenderán las cuencas de demanda de cada una de las terminales de integración definidas.

Criterios para el Desarrollo de las Propuestas de Integración de las Rutas Alimentadoras

Tomando en cuenta que la propuesta que se hagan para intervenir a la oferta de servicios de transporte sobre el corredor del tren ligero debe apoyar el proceso de consolidación del espacio urbano y procurar una mejora sustancial en la calidad de vida de los usuarios, se han planteado 5 criterios básicos para el desarrollo de las propuestas de diseño de las rutas alimentadoras.

- A. Generar la operación de un sistema integrado de transporte que permita ampliar la cobertura para toda la ZMG con alta calidad, en el que a través de la aplicación congruente de los medios tecnológicos de última generación, sea cada vez mayor la cantidad de usuarios pueda completar sus viajes sin necesidad de pagar una tarifa completa cada vez que viaje.
- B. Integrar la infraestructura actual en las 2 líneas de tren ligero existentes y la línea 1 del Macrobus con la nueva línea de tren ligero, las terminales y estaciones propuestos. Esto con la finalidad de potencializar el uso del sistema de transporte público y que sea una opción realista para los usuarios del transporte privado.
- C. Fortalecer la integración del sistema integrado propuesto con las programas de transporte no motorizado con que cuenta la ZMG.
- D. Organizar la operación del sistema de transporte con una adecuada cobertura geográfica, de tal forma que los niveles de accesibilidad sean mejores y moverse en este tipo de servicio sea una opción para todos.
- E. Fortalecer la capacidad de gestión de la autoridad para asegurar un adecuado control y seguimiento de la operación del sistema de transporte público, en beneficio tanto de usuarios como de empresas.

1.14. Conclusiones

Desde el punto de vista de la viabilidad técnica del proyecto del tren ligero Zapopan-Guadalajara-Tlaquepaque dentro de la Zona Metropolitana de Guadalajara, se concluye que:

- Del escenario tendencia al año 2017 se espera una demanda de 221 mil pasajeros diarios, con un crecimiento pronosticado anual del 1.2% para llegar a cerca de os 295 mil pasajeros en el 2042.
- Del escenario orientado al año 2017 se espera una demanda de 220 mil pasajeros diarios con una tasa de crecimiento anual de 1.4% para llegar a los 315 mil pasajeros diarios en el 2042.
- Seleccionando el escenario Orientado por ser el que aporta la mayor demanda a los años horizonte de estudio se le incluye una demanda producto de un esperado cambio modal de los usuarios del transporte privado al transporte privado por efecto de contar con servicio eficiente que los lleve a sus actuales destino dando como resultados

finales una demanda de 233 mil pasajeros en el año esperado de apertura de la Línea 3 del Tren Eléctrico de Guadalajara. Con una tasa de crecimiento anual de 1.6% hasta el 2042 para llegar a los 348 mil pasajeros diarios.

- Este proyecto permite la integración del transporte público en la ZMG mediante la utilización de tecnología férrea en un corredor de transporte masivo que estará conectado a los actuales sistemas existentes de las 2 líneas del tren ligero y la línea 1 del Macrobus, a la central de autobuses y a las áreas de crecimiento urbano del norponiente y suroriente.
- Menores tiempos de traslado a costo competitivo en los tres municipios más importantes de la ZMG mediante su integración con los servicios de transporte convencional (basados en autobuses).
- La reorganización no solo tendrá beneficios para los usuarios del transporte público, ya que la menor flota de transporte público permitirá vialidades con mejores velocidades de operación para los usuarios del transporte privado.

RESPONSABLE DE INTEGRAR LA INFORMACIÓN

ROBERTO CHICO PEREZ

DIRECTOR GENERAL ADJUNTO DE REGULACIÓN ECONÓMICA