



Co-financed by the Connecting Europe
Facility of the European Union



Consultoría y Asistencia Técnica para la redacción del Estudio de Viabilidad, Anteproyecto, Proyecto Constructivo de Referencia, Documentación Ambiental, Plan de Explotación y Programa Económico de una

Línea de Tranvía Este – Oeste en Zaragoza

ANTEPROYECTO

Anejo nº15. Material Móvil

Zaragoza, marzo de 2019



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5	5.2. ENGANCHES/ACOPLAMIENTO.....	10
2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRANVÍA	6	5.3. INTERIORISMO	10
2.1. ANCHURA Y ALTURA DEL VEHÍCULO.....	6	5.3.1. Materiales y acabados	10
2.2. CAPACIDAD.....	6	5.3.2. Asientos	10
2.3. ALTURA DEL PISO BAJO	7	5.3.3. Zonas accesibles a personas en sillas de ruedas	11
2.4. COMPOSICIÓN MÚLTIPLE	7	5.3.4. Apoyos, barras y asideros	11
2.5. PESOS Y CARGAS.....	7	5.3.5. Ventanas.....	11
3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA	8	5.3.6. Puertas	11
3.1. PENDIENTES MÁXIMAS.....	8	5.4. PUESTO DE CONDUCCIÓN.....	12
3.2. RADIOS DE GIRO	8	5.5. BOGIES	12
3.3. PERALTES.....	8	5.6. SISTEMA DE TRACCIÓN	13
4. PRESTACIONES.....	8	5.7. EQUIPO DE FRENADO.....	13
4.1. VELOCIDAD MÁXIMA.....	8	5.8. EQUIPOS AUXILIARES	14
4.2. ACELERACIÓN.....	8	5.9. SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	14
4.3. DECELERACIÓN	9	5.10. COMPORTAMIENTO ANTE EL FUEGO.....	15
4.3.1. Freno de servicio	9	5.11. CONFORT ACÚSTICO	15
4.3.2. Frenado de emergencia	9	5.12. CONFORT DINÁMICO.....	15
4.3.3. Freno de estacionamiento.....	9	5.13. COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA	15
5. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DEL MATERIAL MÓVIL	10	5.14. COMPATIBILIDAD CON SISTEMA DE ALIMENTACIÓN SIN CATENARIA DE LÍNEA 1	16
5.1. CAJA	10	5.15. SISTEMA DE ENGRASADO.....	16



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Tranvía operando sobre la línea existente Norte – Sur (Línea 1).....	6
Ilustración 2. Área accesible a personas en silla de ruedas	11
Ilustración 3. Pupitre de conducción con mandos y controles de tranvía.....	12
Ilustración 4. Bogies de tranvía 100% piso bajo	13



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de ruido admitidos..... 15



1. INTRODUCCIÓN

El presente documento presenta las características principales del material móvil que se seleccione para la operación sobre la línea de tranvía Este – Oeste en Zaragoza.

Los criterios de diseño y fabricación del vehículo tendrán por objeto la definición de soluciones que aseguren los siguientes aspectos funcionales con respecto a las actividades de operación y mantenimiento:

- Operación: las prestaciones del vehículo favorecerán una operación fácil, segura y fiable.
- Mantenimiento: el material móvil se diseñará de modo que se tenga especialmente en cuenta la modularidad, estandarización, intercambiabilidad y fácil acceso a los equipos y componentes que requieran una sustitución o inspección periódica y la reducción de los tiempos de mantenimiento.

Asimismo, la definición del material móvil de la línea Este – Oeste deberá permitir la compatibilidad con las instalaciones e infraestructuras existentes en la línea Norte – Sur actualmente en operación (Línea 1 del Tranvía de Zaragoza).

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRANVÍA

El material móvil que se seleccione será 100% de piso bajo y estará compuesto por módulos sobre bogies motores, módulos flotantes y módulos sobre bogies remolcados unidos entre sí mediante articulaciones que permitan el paso libre de pasajeros entre un extremo y otro del vehículo.

El número de bogies motores de la unidad será tal que permita cumplir con las prestaciones de operación necesarias en la línea Este - Oeste, considerando las pendientes máximas del trazado de la línea.

Además, de acuerdo con el dimensionamiento de las paradas y a la posibilidad de operación de dos unidades acopladas en los momentos de pico de demanda, la longitud de la unidad básica será de entre 30 y 33 metros.



Ilustración 1. Tranvía operando sobre la línea existente Norte – Sur (Línea 1)

La distribución y la anchura de las puertas habrá de ser tal que permita un rápido acceso y evacuación de los pasajeros. La unidad dispondrá de seis puertas por cada lado, debiéndose encontrar enfrentadas las puertas de un lado y otro de la unidad. Al menos cuatro de las seis puertas de cada lado de la unidad serán dobles, aceptándose que las puertas de los módulos extremos sean de tipo simple.

La unidad dispondrá de dos cabinas de conducción idénticas, una en cada extremo, permitiendo que la operación sea bidireccional.

La unidad dispondrá de espacios destinados a personas en sillas de ruedas y a carritos de bebé, permitiendo un fácil acceso a los mismos y garantizando la seguridad del viaje.

La vida mínima útil de la unidad será de 25 años, considerando un kilometraje anual de unos 100.000 km/año.

2.1. ANCHURA Y ALTURA DEL VEHÍCULO

De acuerdo con el criterio de que el material móvil de la línea Este – Oeste se defina de acuerdo a la infraestructura de la línea Norte – Sur existente, la anchura del vehículo a seleccionar habrá de ser la misma que la del material móvil que circula actualmente, esto es, habrán de tener una anchura de 2,65 metros.

La altura de la unidad con el pantógrafo abatido, y desde la altura de cabeza de carril, no será superior a 4.000 mm de acuerdo con la especificación de BOStrab. Además, la altura de la unidad deberá ser compatible con el gálibo superior disponible en la línea existente.

2.2. CAPACIDAD

La capacidad de transporte de viajeros estará en torno a los 200 pasajeros por tranvía en condiciones normales (asumiendo una ocupación máxima de todos los asientos fijos ocupados y una densidad de personas de pie de 3,5 personas/m²). El número aproximado de asientos será de 50.

La distribución interior de los asientos será tal que consiga una alta capacidad de transporte y una gran facilidad de entrada y salida de pasajeros, manteniendo tasas de confort adecuadas.



Cada unidad dispondrá al menos de dos áreas destinadas a personas con movilidad reducida, accesibles desde ambos lados del vehículo y adecuadas para el posicionamiento seguro de dos personas en silla de ruedas, permitiendo su acceso a través de las puertas dobles.

2.3. ALTURA DEL PISO BAJO

El material móvil será 100% de piso bajo, permitiendo la libre circulación y distribución de pasajeros en toda su longitud.

La altura de acceso a la unidad tranviaria respecto de la cabeza del carril estará comprendida entre 290 mm y 350 mm, para cualquier estado de carga de pasajeros y de desgaste de las ruedas. La altura del piso será tal que sea compatible con la altura de andén existente en la línea Norte-Sur.

Se habrá de garantizar asimismo que la laguna vertical entre el acceso al vehículo y el andén se mantenga entre +50 y +0 mm, de manera que el piso del tranvía esté siempre por encima del andén.

Las rampas del piso interior en sentido transversal y longitudinal del vehículo serán prácticamente inapreciables por los pasajeros.

2.4. COMPOSICIÓN MÚLTIPLE

El material móvil de la línea Este – Oeste de Zaragoza permitirá el acoplamiento de dos unidades básicas tanto para la operación múltiple en picos de demanda como para operaciones de rescate en caso de avería de un tranvía.

Para ello, en ambos testeros del tranvía enganches automáticos ocultables que permitan en cabeza una rápida conexión/desconexión mecánica, eléctrica y neumática de unidades para formar unidades múltiples.

Las operaciones de enganche / desenganche han de poder realizarse en cualquier punto del trazado, tanto de línea, como de taller (curva, acuerdo vertical cóncavo o convexo, rampa, etc.).

2.5. PESOS Y CARGAS

El peso del tranvía será lo más reducido posible. El peso por eje, considerando carga extraordinaria (8 pasajeros/m² de pie, además de los sentados), no será mayor de 120 kN. Se considerará un peso de 70 kg/pasajero.

El peso de los bogies, tanto motores como remolques, no será mayor de 5.000 kg.

3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA

3.1. PENDIENTES MÁXIMAS

La pendiente máxima del trazado de la línea Este – Oeste será de 75%, a lo largo de unos 100 metros de longitud. El material móvil que opere sobre dicha línea deberá permitir la circulación sobre dicho tramo, así como realizar paradas y arranques de manera segura en dicho tramo, con carga extraordinaria de pasajeros (8 pasajeros/m² de pie, además de los sentados).

3.2. RADIOS DE GIRO

De acuerdo con el trazado de la línea Este-Oeste, el radio mínimo en planta a lo largo de la línea será de 25 metros. En la zona de talleres y cocheras, el radio mínimo en planta será de 15 metros.

El material móvil que se seleccione para la operación será capaz de circular sobre el trazado diseñado, de manera segura y estable, circulando a velocidad reducida en función del radio de la curva y el peralte levantado sobre la misma.

3.3. PERALTES

El material móvil que se seleccione será capaz de circular sobre el trazado definido para la línea Este-Oeste y los peraltes definidos en la misma.

4. PRESTACIONES

4.1. VELOCIDAD MÁXIMA

En condiciones de servicio normal y con el tranvía en carga máxima (6 pas/m²) el tranvía podrá alcanzar de manera habitual y permanente una velocidad de al menos 70 km/h. No obstante, en explotación comercial no sobrepasará velocidades superiores a 50 km/h.

Sin embargo, los tranvías serán capaces de circular a 80 Km/h. sin que se produzcan inestabilidad ni deterioros en ninguna de sus partes o equipos.

Para la circulación en talleres, maniobras de acoplamiento y túneles de lavado, el tranvía dispondrá de sistemas limitadores de velocidad con el objeto de poder realizar maniobras de aproximación con toda seguridad.

4.2. ACELERACIÓN

La aceleración máxima requerida al material móvil por construcción es de 1.2 m/s², independientemente de su carga hasta el valor de carga máxima nominal (6 pas/m²), en vía recta y horizontal. En esas mismas condiciones, la aceleración media de 0 a 40 km/h será al menos de 1,1 m/s² y la de 0 a 70 km/h será mayor de 0,8m/s². El jerk máximo en arranque será de 0,8 m/s³.

El material móvil logrará dichas prestaciones sin que se produzcan patinajes por falta de adherencia.

En caso de avería de una unidad de tracción del vehículo, el material móvil podrá arrancar en la máxima pendiente de la línea y con carga extraordinaria (8 pas/m²).

En el caso de que un tranvía quede inmovilizado en una intersección y que no pueda reemprender la marcha por sus propios medios, será socorrido por otro tranvía que en vacío se acoplará a él para acercarlo hasta algún apartadero o cocheras. Las prestaciones en tracción deben ser tales que el tranvía en vacío pueda empujar un tranvía en carga máxima por la máxima rampa.



4.3. DECELERACIÓN

4.3.1. Freno de servicio

La deceleración media producida por el freno de servicio para una composición básica de tranvía en recta y horizontal y para cualquier estado de carga hasta 8 pas/m², entre 80 km/h y la parada, será de 1,2 m/s². El jerk máximo a considerar para el freno de servicio será de 0.8 m/s³.

Durante el frenado de servicio, se aplicará preferentemente el frenado eléctrico. Cuando no sea suficiente la aplicación del freno eléctrico para alcanzar las prestaciones de deceleración indicadas, actuará simultáneamente el freno de fricción. En caso de fallo de uno de los sistemas de frenado, se circulará a velocidad limitada

El sistema de protección antibloqueo evitará que las ruedas queden bloqueadas en casos de baja adherencia, y el arenado se activará en caso de ser requerido.

4.3.2. Frenado de emergencia

El frenado de emergencia cumplirá con los niveles de deceleración y jerk indicados en la norma UNE-EN 13452-1 para el caso de tranvías y vehículos ferroviarios ligeros.

Se basará en el uso combinado de un sistema de freno electrodinámico, un sistema de freno mecánico y freno por medio de patines electromagnéticos, independiente de la adherencia rueda-carril. La deceleración del frenado de emergencia aplicando conjuntamente los tres sistemas anteriores será mayor de 2,4 m/s² para cualquier estado de carga hasta 8 pas/m².

El conductor activará el frenado de emergencia cuando detecte un peligro, mediante el posicionamiento del manipulador de tracción/freno en su posición más extrema.

4.3.3. Freno de estacionamiento

La unidad irá equipada con un freno de estacionamiento capaz de mantener parada una unidad con carga extraordinaria (8 personas/m²) en tramos de pendiente máxima de la línea, durante un tiempo ilimitado.

El freno de estacionamiento llevará un dispositivo que permita su activación manual en caso de emergencia. El freno de estacionamiento podrá funcionar al 100% de sus prestaciones con la unidad desenergizada, es decir, sin alimentación eléctrica en alta y baja tensión.

5. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DEL MATERIAL MÓVIL

5.1. CAJA

Las cajas del tranvía deberán ser ligeras y autoportantes, y recibirán todas las medidas necesarias para evitar la corrosión de la estructura.

En cuanto a cargas longitudinales y verticales será de aplicación la norma EN 12663-1 para vehículos categoría P-V y en cuanto a absorción de energía al choque cumplirá lo establecido en UNE-EN 15227 para vehículos categoría C-IV.

Las dimensiones de los huecos en la estructura (zona acristalada) serán las máximas posibles y su disposición se estudiará contemplando su influencia en la estética exterior del vehículo. Asimismo, permitirán una buena visibilidad de rótulo, andenes, etc., por parte de los viajeros, tanto sentados como de pie.

Tanto el acabado exterior como la decoración interior dispondrán de sistemas de protección anti-graffiti.

En cuanto a la resistencia a los efectos de tracción y compresión, la estructura de la parte delantera y el enganche correspondiente del tranvía deberán poder resistir esfuerzos longitudinales de tracción o compresión de 200kN.

La estructura de la caja ha de estar concebida de modo que proporcione la mayor protección posible al personal de conducción en caso de accidente, especialmente en caso de colisión frontal violenta.

Las cajas podrán levantarse en el taller con gatos y grúas. A tal fin se adoptarán las disposiciones constructivas correspondientes y se indicarán claramente las zonas de apoyo o amarre.

5.2. ENGANCHES/ACOPLAMIENTO

En ambos extremos, la unidad básica de tranvía llevará enganches automáticos que permitan una rápida conexión/desconexión mecánica y eléctrica de tranvías, tanto para posibilitar la operación múltiple como para permitir el remolque en caso de avería de uno de ellos.

La conexión eléctrica estará diseñada para soportar todas las funciones necesarias para operar como unidad múltiple. La transmisión de potencia de tracción a través del enganche no será posible.

Los enganches acoplarán perfectamente para todas las cargas y radios de curva durante la operación.

El enganchado y desenganchado será posible en cualquier localización de la línea y del taller.

5.3. INTERIORISMO

5.3.1. Materiales y acabados

El interior del vehículo no tendrá esquinas afiladas ni cantos. Los materiales utilizados serán resistentes contra el vandalismo y los graffitis y aguantarán la limpieza en seco o en mojado.

Un revestimiento seguro, antideslizante y duradero se pegará al suelo base. El revestimiento del piso continuará sobre las paredes laterales, estilo bañera, para facilitar la limpieza en mojado.

El revestimiento de las paredes se efectuará con paneles enteros de material de resina de poliéster, fenólica o similar. Serán de un material ignífugo y resistente a las rayaduras que puedan tratar de hacer los viajeros. Los paneles se fijarán a las paredes con sistemas de unión que faciliten las operaciones de montaje y desmontaje.

El techo estará compuesto de módulos fijados y sujetados de tal forma que el traqueteo sea nulo, que no se suelten con facilidad y que no se hundan a largo plazo. Los paneles laterales del techo serán fácilmente desmontables, para facilitar el acceso al alumbrado y al equipo eléctrico.

5.3.2. Asientos

Las dimensiones y el perfil de los asientos para los viajeros estarán adaptadas a las medidas estándares de la población. Podrán ser de tipo individual o para dos personas (tipo banqueta), y el ancho disponible para sentarse no será inferior a 450 mm.

Los asientos abatibles, cuando estén en posición subida, estarán dimensionados para actuar como apoyo para una persona.

Excepto en la zona de los bogies, donde los asientos estarán sobre los cajones de los bogies, se anclarán a las paredes del vehículo, no existiendo patas, de manera que se faciliten las labores de limpieza del piso.

Los asientos requerirán un mantenimiento mínimo y serán fáciles de limpiar y remplazar.

Además de su resistencia al fuego y baja emisión de humos, habrán de resistir los tipos más habituales de actos vandálicos.

5.3.3. Zonas accesibles a personas en sillas de ruedas

Cada unidad tranviaria dispondrá de cuatro espacios reservados y señalizados para personas en sillas de ruedas, repartidos entre los dos módulos flotantes de la unidad.

Dichos espacios estarán situados entre las puertas de los módulos flotantes, facilitando la entrada y salida de personas en sillas de ruedas, así como su desalojo en caso de emergencia. Estarán equipados con asideros, botón de solicitud de parada, dispositivos de llamada de emergencia y con un área con respaldo acolchonado donde estacionar la silla de ruedas sin peligro.

Las zonas de paso desde dichos espacios a las puertas dobles de acceso deberán tener un ancho mínimo de 800 mm, incluso cuando haya pasajeros sentados a los lados.

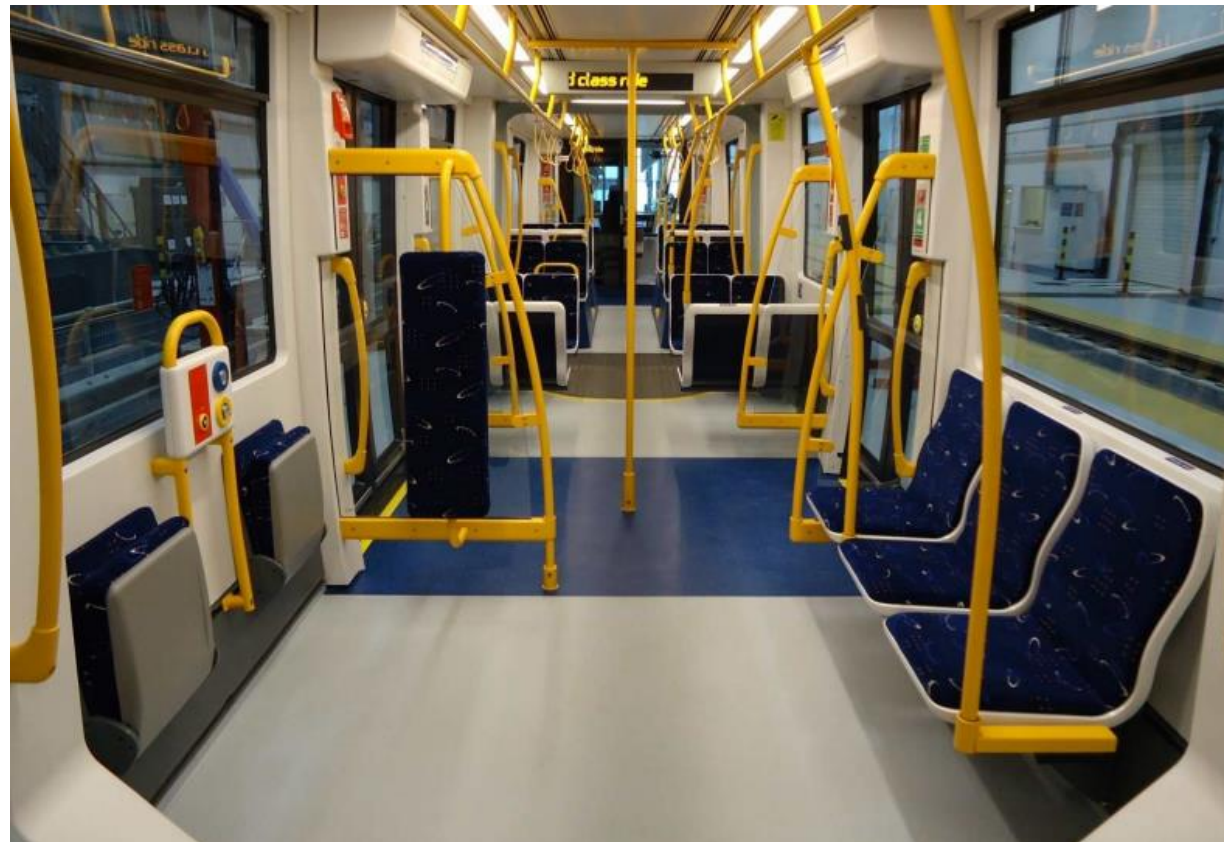


Ilustración 2. Área accesible a personas en silla de ruedas

5.3.4. Apoyos, barras y asideros

Se distribuirán barras verticales y horizontales a lo largo de todo el vehículo y estarán configuradas de tal forma que se llegue a ellas desde cualquier posición, permitiendo que todos los pasajeros se puedan agarrar de forma segura y confortable. Tendrán una diferenciación cromática con el resto de la unidad.

Los puntos de apoyo y las barras deberán estar dispuestos de manera que no obstaculicen el paso de los pasajeros, incluidos personas en silla de ruedas, cochecitos, etc.

5.3.5. Ventanas

Las ventanas serán de cristal de seguridad laminado. La superficie acristalada será la máxima posible permitiendo a los pasajeros, tanto de pie como sentados, así como al conductor la mejor vista posible.

El parabrisas y las ventanas laterales de la cabina del conductor proporcionarán una visión libre de obstáculos para un manejo seguro del vehículo sin necesidad de que el conductor cambie su posición. El parabrisas estará equipado con un sistema eléctrico antivaho y permitirá la eliminación del agua de lluvia exterior.

En el compartimento de pasajeros se montarán ventanas fijas. En la parte superior de algunas ventanas se colocarán ventanas abatibles para ventilar en caso de fallo del sistema de aire acondicionado, que estarán bloqueadas en funcionamiento normal y podrán ser desbloqueadas por el personal.

5.3.6. Puertas

La unidad dispondrá de seis puertas por cada lado. Al menos cuatro de las seis puertas de cada lado de la unidad serán dobles, aceptándose que las puertas de los módulos extremos sean de tipo simple.

La distribución y la anchura de las puertas permitirán un fácil y rápido acceso y evacuación de los pasajeros.

Cada puerta contará con una ventana fija pegada a la estructura de la hoja. La ventana será de cristal laminado de seguridad como las ventanas de los laterales y será reemplazable sin necesidad de desmontar la puerta.

La anchura mínima de las puertas dobles será de 1.300 mm. En caso de que se instalen puertas simples en los módulos extremos, deberán tener una anchura mínima de 800 mm.

La altura mínima de paso libre de las puertas será de 1.950 mm.

En funcionamiento normal, el servicio de las puertas será de tipo "libre servicio", es decir, la apertura de las puertas será realizada por el viajero que entra o sale accionando los botones pulsadores ubicados en la puerta y que serán compatibles para los PMR. La demanda de apertura del pasajero se convertirá en mando si el conductor ha autorizado la apertura de las puertas para el lado del tranvía en cuestión y si el tranvía está parado.

El sistema de información al viajero indicará qué lado va a abrirse en la próxima parada.

Las funciones de operación para las puertas de pasajeros estarán bloqueadas por el control de propulsión y freno.

El estado de las puertas se indicará en el pupitre del conductor, mostrándose simultáneamente todas las puertas junto con su estado individual.

Dispondrán de sistemas de seguridad antiatrapamiento con el fin de asegurar la seguridad de los pasajeros, tales como sistemas de células foto eléctrica, bordes sensibles, etc. En caso de detección de un obstáculo, la puerta realizará la secuencia de parada, apertura y comienzo del cierre. Solo la puerta que haya detectado la presencia de un objeto extraño seguirá tal secuencia.

Las puertas tendrán señales acústicas y visuales de acuerdo a la norma EN 14752 para avisar a los pasajeros del proceso de cerrado o de la habilitación de la puerta a abrirse.

5.4. PUESTO DE CONDUCCIÓN

La unidad dispondrá de dos puestos de conducción idénticos, uno en cada extremo, permitiendo una operación bidireccional.

Una mampara de cristal transparente separará el compartimento de pasajeros del puesto de conducción, evitando el acceso de personal no autorizado.

De una manera general, las cabinas de conducción deberán responder a las disposiciones de ergonomía y confort en el diseño de puestos de trabajo contenidas en la ficha UIC 651.

Se considerarán los siguientes puntos para la concepción del diseño de la cabina: buena visibilidad frontal y lateral, fácil acceso y alcance de los dispositivos necesarios para la conducción, equipo de climatización independiente junto con un adecuado aislamiento acústico y térmico.

A ambos lados de la cabina de conducción, en el exterior del vehículo, se colocarán cámaras retrovisores, permitiendo al conductor una buena visibilidad de las zonas laterales.

En cada cabina de conducción existirá un pupitre, en el que irán instalados todos los aparatos de mando y control de los equipos diversos del vehículo que debe utilizar el maquinista durante el servicio.

Los aparatos de mando de utilización frecuente, estarán dispuestos de modo que puedan ser accionados cómodamente por el maquinista sentado, con sus manos o pies, sin mover el tronco del cuerpo. Sus posiciones relativas, así como su forma, deben ser tales que su maniobra no resulte molesta ni fatigosa.



Ilustración 3. Pupitre de conducción con mandos y controles de tranvía

5.5. BOGIES

Los bogies serán de vehículos 100% piso bajo.

Como principios generales de diseño, deberán considerarse fundamentalmente los correspondientes a simplicidad, accesibilidad y mantenimiento reducido, compatible con unas buenas características de adherencia rueda-carril, estabilidad de marcha, reparto uniforme de carga entre las ruedas, seguridad de rodadura, mínima agresividad a la vía, correcta inscripción en los trazados y máxima seguridad.

Se procurará la facilidad de desmontaje de los distintos elementos del sistema de tracción y que esta manipulación pueda realizarse sin levantar el vehículo.

El tipo de bogie, eje o elemento de rodadura seleccionado deberá permitir el torneado de ruedas en los tornos de foso habituales para estos usos.

Para la reducción del ruido, se utilizarán preferentemente ruedas elásticas con anillos/llantas de rodadura fácilmente desmontables/sustituibles. El perfil de rueda será tal que se adapte de manera óptima al tipo de carril de la línea Norte-Sur existente y a la Este-Oeste en estudio.

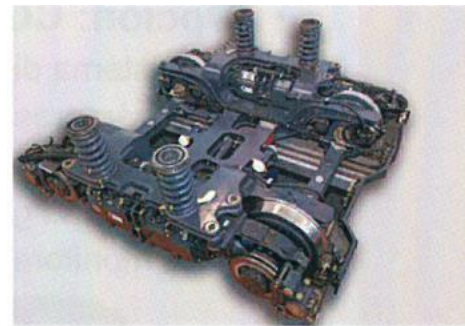


Ilustración 4. Bogies de tranvía 100% piso bajo

5.6. SISTEMA DE TRACCIÓN

El objetivo fundamental del equipo de tracción es el de conseguir, además de las prestaciones de tracción y freno establecidas en el apartado 4, el mayor ahorro energético posible y unos coeficientes de fiabilidad y disponibilidad elevados.

Los equipos eléctricos y electrónicos del tranvía estarán preparados para recibir la alimentación a 750 Vcc, con valores de tensión (tanto superior como inferior) definidos en la norma UNE-EN 50163.

El sistema de tracción estará compuesto por los equipos eléctricos de potencia montados en el techo y los motores en los bogies. La captación de energía se realizará por medio de un pantógrafo situado en el módulo central.

Los onduladores que proporcionarán la corriente alterna a los motores a partir de la tensión 750 Vcc (catenaria) serán del tipo VVVF ("variable voltage variable frequency") y cumplirán la norma CEI 61287.

Los motores serán trifásicos, cumplirán la norma EN 60349-2 y necesitarán un mínimo mantenimiento.

El sistema de tracción estará adecuadamente protegido contra sobretensiones y sobreintensidades.

En caso de avería de una unidad de tracción, dicha unidad se aislará de forma automática y se indicará el fallo al conductor junto con la información relativa a las prestaciones límite de operación en esa situación degradada.

El freno eléctrico será preferentemente regenerativo frente al reostático. La energía recuperada se aprovechará en primer lugar para alimentar los equipos auxiliares como el sistema de climatización, la recarga de baterías y otros equipamientos embarcados. La energía que no pueda ser aprovechada por el tranvía será devuelta a la red.

En caso de que la red no pueda recibir la energía, esta será disipada en las resistencias de freno de acuerdo con la norma UNE-EN 60322.

El control de tracción del tren se realizará mediante microprocesadores. Estas unidades de control también serán redundantes para garantizar la disponibilidad en caso de fallo de una unidad de control.

5.7. EQUIPO DE FRENADO

El equipo de frenado estará compuesto por tres sistemas distintos:

- Freno electrodinámico (regenerativo y reostático) en bogies motores.
- Freno mecánico de fricción en todos los bogies.
- Patines electromagnéticos.

En funcionamiento normal, el freno electrodinámico estará concebido como freno principal y se utilizará tanto como sea posible para responder a la orden de frenado. Solo cuando se alcance el máximo rendimiento del freno electrodinámico se activará el freno mecánico.

Se procurará que el control tanto del freno eléctrico como del frenado hidráulico sea único, con el fin de conseguir el máximo rendimiento del sistema.

La deceleración de frenado será independiente del estado de carga de cada uno de los módulos.

El accionamiento del freno mecánico de fricción será hidráulico.

En caso de frenados de emergencia o en situaciones de baja adherencia, se activará de modo automático el sistema de arenado.

El equipo de frenado deberá cumplir con todo lo relativo a "Tranvías y vehículos ferroviarios ligeros" de la norma UNE-EN 13452-1.

Los tranvías se equiparán con un sistema anti-rodamiento (anti roll-back) por el que estando la unidad parada, si comienza a moverse sin haber solicitado tracción, se activará el freno de urgencia.

5.8. EQUIPOS AUXILIARES

La energía eléctrica para los diversos equipos y circuitos auxiliares del tranvía será suministrada por dos o más convertidores auxiliares. De funcionamiento independiente, cuando haya una avería en uno de ellos, los demás podrán seguir en funcionamiento normal, alimentando en emergencia todos los auxiliares.

Estos convertidores tendrán un buen comportamiento desde el punto de vista de prestaciones mecánicas: vibraciones, choques mecánicos, nivel acústico y resistencia al fuego. El equipo estará eficazmente refrigerado, de manera que el arranque y el funcionamiento en régimen continuo sea totalmente correcto incluso con una temperatura exterior de +45°C.

De cara a la optimización de peso y dimensiones, se procurará la integración del convertidor auxiliar con el convertidor de tracción.

A su vez, cada tranvía irá equipado con baterías de acumuladores, compuestas de elementos de níquel-cadmio (NiCad) del tipo recomendado para tracción eléctrica, con tensión nominal de 24 Vcc. Se colocará en cada cofre de batería un seccionador que permita desconectarle en carga y se montará, próximo a la batería, un enchufe para poder cargarla desde el exterior.

5.9. SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

La unidad irá equipada con un sistema de ventilación forzada que garantice la renovación exigida de aire y un sistema de calefacción y aire acondicionado que permita mantener la temperatura interior tanto en invierno como en verano.

El sistema de climatización de la cabina de conducción y del compartimento de pasajeros será independiente.

El sistema de aire acondicionado estará dimensionado para una carga extraordinaria de 8 pas/m² y será capaz de regular la cantidad de aire exterior en función de la carga de viajeros.

El sistema de ventilación, calefacción y aire acondicionado será de funcionamiento automático, siendo posible desde el IHM de la cabina de conducción regular la temperatura de consigna del compartimento de pasajeros.

La situación de las salidas de aire en la sala asegurará una distribución igualada del flujo a lo largo del interior del vehículo. Ni la velocidad ni la temperatura del aire supondrá una molestia para los pasajeros y se procurará que los ventiladores y los flujos de aire produzcan el mínimo ruido posible.

Una unidad de aire acondicionado independiente será instalada en cada cabina de conducción y será capaz de mantener las condiciones ambientales del interior de la cabina de acuerdo a la norma EN 14813, Zona I. La temperatura interior objetivo será fácilmente ajustable a través de la consola del conductor.

Si se produjeran condensaciones, estas serán completamente evacuadas del sistema sin precipitar o condensarse en ninguna superficie del interior del vehículo.

Solo se emplearán refrigerantes respetuosos con el medio ambiente y libres de halógenos.



Se procurarán disposiciones que proporcionen la máxima fiabilidad, tanto ante fallos del propio equipo como del convertidor estático que lo alimente, de forma que ante una avería del sistema se tenga garantizada al menos una potencia de calefacción/refrigeración igual al 50% de la nominal.

Antes del comienzo del servicio diario, se podrá climatizar el tranvía estacionado (tanto refrigeración como calefacción), siendo controlado de manera remota desde el puesto de mando.

5.10. COMPORTAMIENTO ANTE EL FUEGO

La estrategia de seguridad frente al fuego de los vehículos se definirá en general de acuerdo a los requisitos y criterios de la norma EN 45545, debiéndose implementar medidas de diseño que prevengan los incendios, mitiguen los efectos de fuego en caso de incendio y en caso necesario permitan la evacuación de forma segura de viajeros y personal de abordó.

Los vehículos están libres de materiales peligrosos incluyendo: asbestos, pinturas con contenido en plomo, plomo, espuma de uretano, polietileno y caucho.

Los equipos que contraen un mayor riesgo frente al fuego serán diseñados y contruidos de tal modo que un incendio inesperado en los mismos no se propague en ninguna circunstancia hacia el compartimento de pasajeros.

5.11. CONFORT ACÚSTICO

Las condiciones de medida de las presiones sonoras se definirán teniendo como referencia la norma ISO 3095 para el ruido externo y la ISO 3381 para el ruido interno.

El ruido que emite el sistema no será molesto o perjudicial para las personas que se encuentren en las proximidades o en edificios cercanos.

Los valores globales de presión sonora que se desean obtener con el fin de ofrecer un buen confort a los viajeros, expresado en dB(A), deberán ser inferiores a los límites fijados en la tabla siguiente, con todos los equipos en servicio (ventilación, aire acondicionado, puertas, etc.):

Tabla 1. Niveles de ruido admitidos

Velocidad		0 km/h	60 km/h
Ruido interior (a 1,2 metros sobre el nivel del piso del vehículo)	Cabina	63 dB(A)	65 dB(A)
	Pasajeros	65 dB(A)	70 dB(A)
Ruido exterior (a 7,5 metros de la vía y 1,2 metros sobre el plano de rodadura)		64 dB(A)	78 dB(A)

5.12. CONFORT DINÁMICO

El vehículo ha de estar diseñado y construido para poder circular a cualquier velocidad igual o inferior a la máxima nominal sin que se produzcan movimientos intempestivos ni tendencia a la resonancia. Tendrá una buena estabilidad para todo el campo de velocidades, con esfuerzos, aceleraciones y desplazamientos de valor reducido.

El comportamiento dinámico de las unidades ha de ser tal que garantice unas buenas condiciones de confort de los pasajeros. Los valores RMS ponderados según ISO 2631 de la aceleración aritmética media en cada tramo entre estaciones, en condiciones nominales de circulación, han de ser menores que el valor correspondiente al límite de confort reducido para una hora como se define en la norma citada.

Las frecuencias propias de las vibraciones habrán de estar alejadas al máximo posible de las zonas de mayor sensibilización.

El índice de calidad de marcha N_{mv} basado en la norma EN 12299 será inferior a 2,5.

5.13. COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Los sistemas de las unidades y todos sus subsistemas deben ser compatibles a nivel electromagnético con su entorno. No debe producirse ninguna emisión susceptible de causar perturbaciones a dispositivos pertenecientes a los usuarios, a equipos de terceras personas instalados cerca de la línea de tranvía, o a la operación normal de servicios de dominio público o privado (radio, TV, telefonía móvil y comunicaciones inalámbricas en general).



Todo equipo eléctrico o electrónico del tranvía deberá poder funcionar satisfactoriamente en presencia de emisiones electromagnéticas ajenas, sean generadas por dispositivos próximos a la línea o sean generadas por los servicios públicos/ privados mencionados anteriormente.

Habrà de cumplirse la norma EN 50121-3-1 en relación a las emisiones y requerimientos de inmunidad.

5.14. COMPATIBILIDAD CON SISTEMA DE ALIMENTACIÓN SIN CATENARIA DE LÍNEA 1

Las unidades dispondrán de un sistema de alimentación sin catenaria compatible con el implantado en la línea 1 del tranvía de Zaragoza.

5.15. SISTEMA DE ENGRASADO

Las unidades dispondrán de sistemas automáticos para el engrasado de vía en curvas.