INFORME FINAL DE LAS EXPERIENCIAS CON AUTOBUSES 100% ELÉCTRICOS EN BAIONA Y SAN SEBASTIÁN

El Proyecto E-MOBASK ha sido cofinanciado al 65% por el FEDER.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 3
1.1 El proyecto E-MOBASK y el programa POCTEFA 3
1.2 Agentes implicados 3
1.3 Un compromiso para una reducción de la contaminación emitida por su flota 6

2. ESTADO ACTUAL DE LA ELECTROMOVILIDAD 7
2.1 Propulsión 7
2.2 Elementos de carga 13
2.3 Sistema de almacenamiento de energía 17
2.4 Justificación de Híbrido y Eléctrico vs Diésel. TCO. 23

3. AUTOBUSES 100% ELÉCTRICOS DE 12 METROS EN SAN SEBASTIAN (DBUS) 25
3.1 Tipos de vehículos 25
3.2 Experiencia por líneas (Irizar i2e) 32
3.3 Experiencia por vehículo 48
3.4 Principales factores condicionantes del rendimiento y su influencia 55
3.5 Resultados en San Sebastián 64

4. AUTOBUSES 100% ELÉCTRICOS DE 18 METROS EN BAIONA (SMPBA) 77
4.1 Proyecto Trambus 77
4.2 Fase preparatoria 88
4.3 Explotación Línea Trambus T1 98
4.4 Mantenimiento 117
4.5 Aspectos energéticos 121
4.6 Aspectos ambientales 128
4.7 Resultados en Baiona 130

5. CONCLUSIONES FINALES (SMPBA & DBUS) 131

1. INTRODUCCIÓN

1.1 El proyecto E-MOBASK y el programa POCTEFA

El presente informe ha sido realizado por DBUS y por el Syndicat des Mobilités Pays Basque – Adour (SMPBA) en el marco del proyecto transfronterizo E-MOBASK, para promover un transporte público urbano sencillo, integrado y sostenible en la Eurociudad Vasca.
Los tres socios del proyecto (la Compañía del Tranvía de San Sebastián, la Autoridad Territorial del Transporte de Gipuzkoa, y el *Syndicat des Mobilités Pays Basque – Adour*), enfocan su colaboración, durante los tres años del proyecto, de 2018 a 2020, en 3 ejes principales de actuación para impulsar y mejorar el transporte en la zona:

- Una información más asequible, en tres idiomas, a través de los distintos soportes de comunicación disponibles
- Un ticketing integrado entre las redes de transporte de Baiona y de Gipuzkoa
- Un intercambio de experiencia sobre la puesta en circulación de autobuses eléctricos y la reducción de emisiones de carbono de los vehículos existentes

La integración en la flota de autobuses 100% eléctricos es parte de este tercer eje de actuación.

El proyecto E-MOBASK ha sido cofinanciado al 65% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Interreg V-A España-Francia-Andorra (POCTEFA 2014-2020). El objetivo del POCTEFA es reforzar la integración económica y social de la zona fronteriza España-Francia-Andorra. Su ayuda se concentra en el desarrollo de actividades económicas, sociales y medioambientales transfronterizas a través de estrategias conjuntas a favor del desarrollo territorial sostenible.

1.2 Agentes implicados

1. CTSS (DBUS)

La Compañía del Tranvía de San Sebastián (CTSS) es la empresa encargada de gestionar el transporte público urbano en la ciudad de Donostia-San Sebastián. Actualmente opera con el nombre de DONOSTIABUS o DBUS. Fundada en agosto del año 1986, es una de las empresas más antiguas de la provincia. Durante sus casi 133 años de existencia, la empresa se ha dedicado a cubrir las necesidades de transporte urbano de los donostiarras, mediante la utilización de cuatro sistemas de transporte distintos: tranvías de caballos, tranvías eléctricos, trolebuses y en la actualidad, autobuses.

La empresa trabaja en colaboración con el Ayuntamiento, hasta el 30 de septiembre de 1981, fecha fundamental en la historia de la Compañía del Tranvía de San Sebastián. Al adquirir el Ayuntamiento de Donostia la mayoría del capital social de la empresa. En ese momento, la Compañía traspasa las líneas de

Rentería y Beraun (por exceder ambas el ámbito municipal) y centra su actividad en el municipio de Donostia-San Sebastián, exclusivamente.

En el año 2005 la Compañía del Tranvía de San Sebastián adopta el nombre comercial actual de DONOSTIABUS, también conocido como DBUS, e implanta en sus vehículos el nuevo logotipo (rana meridional de Igara), incorporando, asimismo, los colores azul donostiarra y verde (este último como muestra de su compromiso con el medio ambiente).

Desde el año 2005, la Compañía ha experimentado un gran desarrollo que se ha materializado en una mejor oferta, con más servicios, horarios y líneas, que permiten que el autobús llegue de forma cercana a las viviendas de más del 99% de las personas que residen en el municipio. Asimismo, la Compañía destaca por la implementación y el desarrollo de avances tecnológicos con los que mejorar la operación de sus servicios, así como por su compromiso claro con el medio ambiente y la movilidad sostenible.

Actualmente cuenta con una flota de 132 autobuses (28 autobuses articulados de 18 metros de longitud, 11 microbuses, 3 autobuses de 10 metros de longitud y 90 autobuses de 12 metros de longitud, de los cuales, 3 son eléctricos, 20 híbridos y 67 diésel) y una red de 29 líneas diurnas y 9 nocturnas. Para desarrollar su actividad, la empresa cuenta con más de 500 empleados.

2. SMPBA

El Syndicat des Mobilités Pays Basque - Adour (SMPBA) es la autoridad organizadora de la movilidad dentro de su jurisdicción territorial, formada por el territorio de la Comunidad Urbana del País Vasco (CAPB) y el municipio de Tarnos (Departamento de las Landas). Organiza y opera servicios de transporte regular para personas urbanas y no urbanas en su territorio, así como servicios de transporte escolar. En este contexto, está desarrollando todos los ejes estructurantes del transporte público (carreteras de interés comunitario). Contribuye al desarrollo de modos de viaje por tierra no motorizados y al uso compartido de vehículos terrestres motorizados.

El SMPBA gestiona multitud de servicios a través de diferentes tipos de contratos públicos: transporte público urbano, interurbano y escolar, servicios de bicicletas, etc. Todos estos servicios de movilidad todavía operan bajo su propia identidad, pero desde mediados de 2019, la marca paraguas "Txik-Txak" ha ido uniendo gradualmente estos servicios.

Al 1 de marzo de 2019, la flota de vehículos adscritos a las distintas redes de transporte público descritas anteriormente contaba con 206 vehículos (buses estándar, buses articulados, minibuses, transporte PMR, autocares). El SMPBA posee el 59% de esta flota, el resto de vehículos pertenecientes a sus operadores y sus subcontratistas.

"Chronoplus" es la marca de la red de transporte público urbano en el noroeste del territorio, la más densa (11 municipios: Baiona, Anglet, Biarritz, Tarnos, Boucau, St Pierre d'Irube, Bidart, Mouguerre, Arcangues, Bassussarry y Villefranque). El Syndicat des Mobilités ha confiado el funcionamiento de la red Chronoplus a la empresa Keolis Basque Adour (KBA) como parte de una Delegación de Servicio Público (DSP) por un período de 5 años y 9 meses (01/04/2017 a 31/12/2023).

3. Irizar e-mobility

El Grupo Irizar está formado por 7 empresas (Irizar, Irizar e-mobility, Alconza, Datik, Hispacold, Masats y Jema) que desarrollan su actividad productiva en 13 plantas de producción repartidas por todo el mundo (España, Marruecos, Brasil, México y Sudáfrica). Irizar e-mobility es la nueva empresa del Grupo Irizar, creada en el año 2016, y su actividad está dirigida a ofrecer soluciones de electromovilidad para las ciudades, tanto en lo que respecta a la fabricación de autobuses 100% eléctricos, como a la fabricación de la infraestructura necesaria para la carga, tracción y almacenamiento de energía.

La planta de producción de Irizar e-mobility, de reciente creación, está situada en el municipio de Aduna (provincia de Gipuzkoa). En ella, Irizar e-mobility aplica tecnología europea 100% con la garantía y la calidad de servicio de Irizar.

Su gama de productos incluye autobuses de 10.8 y 12 metros, operativos desde el año 2014 en distintas ciudades europeas (entre ellas San Sebastián), autobuses articulados y biarticulados y otros vehículos eléctricos de servicio a las ciudades.

Uno de sus últimos desarrollos es el autobús de 18 metros BRT (Bus Rapid Transit) cuyo prototipo ha circulado en pruebas en Donostia San Sebastián entre los meses de julio y enero de los años 2018 y 2019, respectivamente.

4. Vectia Mobility

Vectia es una empresa fabricante de autobuses urbanos híbridos y eléctricos con sedes en Santiago de Compostela, Castejón, y San Sebastián, España. Fue creada en el año 2013 por Carrocera Castrosua y CAF para desarrollar autobuses híbridos y eléctricos como nueva solución sostenible para el transporte urbano. En 2017, SODENA entra también a formar parte del capital de Vectia. La marca que apuesta por nuevas soluciones para el transporte urbano: fabricante nacional de autobuses híbridos y eléctricos configurables, competitivos, fiables y seguros. Según afirman en su página web, ofrecen “una gama innovadora con una propuesta de valor única para ciudades que miran al futuro y evolucionan buscando una mayor calidad de vida para sus habitantes a través de un transporte vanguardista y sostenible en armonía con su entorno, minimizando al máximo el impacto en el medio ambiente y favoreciendo un hábitat más saludable para todos”.

1.3 Un compromiso para una reducción de la contaminación emitida por su flota

Tanto la estrategia Europa 2020 como el Libro Blanco del Transporte “Hoja de ruta para un área europea de transportes – Hacia un sistema de transportes competitivo y de recursos eficientes”, promueven la modernización en el sector del transporte y la planificación de la movilidad urbana sostenible.

El gran objetivo recogido en el Libro Blanco es lograr una reducción del 60% de las emisiones provenientes del sector transporte, en el año 2050 (tomando como referencia los valores de 1990). En lo que respecta al transporte urbano, promulga la transferencia hacia vehículos y combustibles más limpios para lograr, en el año 2030, reducir en un 50% en el número de vehículos que consumen combustibles convencionales y eliminarlos totalmente de las ciudades antes del año 2050.

A día de hoy, los autobuses eléctricos presentan retos y dificultades en su explotación, al tratarse de una tecnología aún en estado de desarrollo. Este entregable pretende estudiar el comportamiento de los 3 autobuses 100% eléctricos, Irizar i2e, de 12 metros, de los que dispone DBUS y del autobús Vectia así como el funcionamiento de los autobuses de 18m 100% eléctricos ieTRAM en Baiona.

2. ESTADO ACTUAL DE LA ELECTROMOVILIDAD

En diciembre del año 2015, 195 países firman el primer acuerdo vinculante mundial sobre el clima. Para evitar consecuencias peligrosas asociadas al cambio climático, se acuerda limitar el calentamiento global a 2 grados centígrados.

El sector del transporte es responsable de una cuarta parte de las emisiones de gases de efecto invernadero (en adelante, EGI) en Europa y es la principal causa de contaminación atmosférica en las ciudades. Por ese motivo, una de las prioridades políticas de la Comisión Europea es la descarbonización del transporte, en aras de la sostenibilidad y el medio ambiente pero también de la propia economía de la Unión (dada la fuerte dependencia energética del exterior).

Este objetivo de descarbonización se sustancia en una reducción mínima del 60% de las EGI, tomando como referencia los valores del año 1990. La transición a otros combustibles, como el biodiesel, o a sistemas de propulsión alternativos, como los vehículos eléctricos, son algunas de las principales medidas que contempla la Comisión Europea para alcanzar sus objetivos de descarbonización y reducción de EGI.

A continuación se analiza la situación actual de la electromovilidad y las diferentes tecnologías que coexisten. Posteriormente, se recogen las especificaciones técnicas del modelo de autobús Irizar i2e y la estación de carga IF-100 de Jema, para ver por cuáles de las tecnologías disponibles, previamente analizadas, Irizar ha decidido apostar.

2.1 Propulsión

2.1.1 Híbrida

Un autobús eléctrico combina un motor de combustión interna convencional (ICE) con uno o más motores eléctricos respaldados por un acumulador (baterías electroquímicas). Dentro de los vehículos híbridos, se distinguen cuatro grados:

- Micro-híbrido: Arranque del motor con energía regenerada para evitar ralentí del ICE (Motor de Combustión Interna). Comercialmente se venden como Stop&Start.
- Semihíbrido (Mild Hybrid): el sistema eléctrico es capaz de asistir al motor térmico pero no tiene potencia suficiente como impulsar en solitario al vehículo.
- Híbrido (Full Hybrid): El sistema eléctrico tiene potencia suficiente como para impulsar en solitario al vehículo.
- Híbrido enchufable: durante un tiempo determinado funciona en modo eléctrico. Más allá de ese tiempo actúa como un híbrido convencional.

La siguiente tabla recoge los cuatro grados y las características de cada uno:

Funciones	Microhíbrido	Mild-Hybrid (MHEV)	Híbrido (HEV)	Híbrido enchufable (PHEV)
Función arranque/parada	✓	✓	✓	✓
Asistencia de par eléctrico	✗	✓	✓	✓
Frenado regenerativo	✓	✓	✓	✓
Conducción eléctrica (EV)	✗	✗	✓	✓
Carga eléctrica (conducción)	✗	✗	✓	✓
Carga eléctrica (red eléctrica)	✗	✗	✗	✓

Grados de hibridación y características.

A su vez, existen dos tipos de motores híbridos:

1) Motor híbrido en serie:

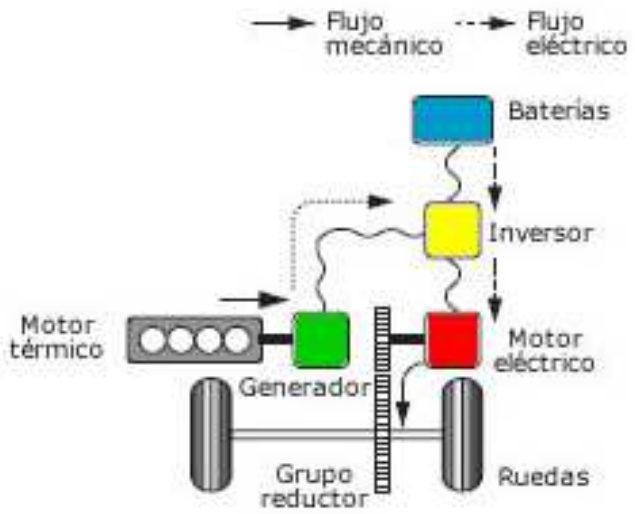
- El motor de combustión interna, no tiene conexión mecánica con las ruedas, sino que sólo se utiliza para generar electricidad.

- Dicho motor funciona a un régimen óptimo y recarga la batería hasta que se llena, momento en el cual se desconecta temporalmente.

- La tracción siempre es eléctrica, puesto que el motor térmico se utiliza exclusivamente para generar electricidad.

- Al no depender de la velocidad del vehículo esta disposición es eficaz para desplazamientos con variaciones constantes de velocidad, como es el caso (habitualmente) de los desplazamientos urbanos.

A continuación se recoge una representación esquemática de un motor de este tipo:



Motor híbrido en serie.

2) Motor híbrido en paralelo.

- Tanto el motor eléctrico como el de combustión interna están conectados a las ruedas del vehículo, pudiendo trabajar de forma conjunta o por separado.

- El motor eléctrico permite un ahorro de combustible y cero emisiones a la atmósfera puesto que se alimenta con la energía almacenada en las baterías instaladas en el vehículo.

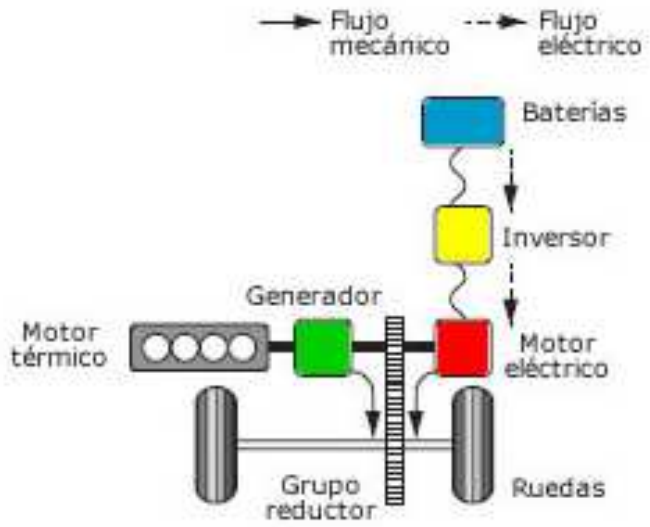
- Estas baterías pueden recargarse, con el vehículo parado, mediante una toma-corriente o bien en marcha a través del generador acoplado al motor de combustión interna (en este último caso, la fuerza que llega a las ruedas procede tanto del motor eléctrico alimentado por la electricidad que procede del generador, como del motor de combustión convencional)

- Tanto el motor térmico con el eléctrico se utilizan para dar fuerza a la transmisión a la vez.

- Es una solución relativamente sencilla, pero no la más eficiente.

- Al estar ligado a la velocidad del vehículo es más eficaz para desplazamientos con variaciones pequeñas en la velocidad (ejemplo: autopistas).

A continuación se recoge una representación esquemática de un motor de este tipo:



Motor híbrido en paralelo

3) Motor híbrido combinado (serie-paralelo):

- Fusiona tanto las ventajas como las desventajas de los motores en serie y los motores en paralelo.

- El motor puede alimentar el vehículo de manera directa (como en la distribución en paralelo) o ser desconectado de manera que sea sólo el motor eléctrico el que alimente al vehículo (como en la distribución en serie)

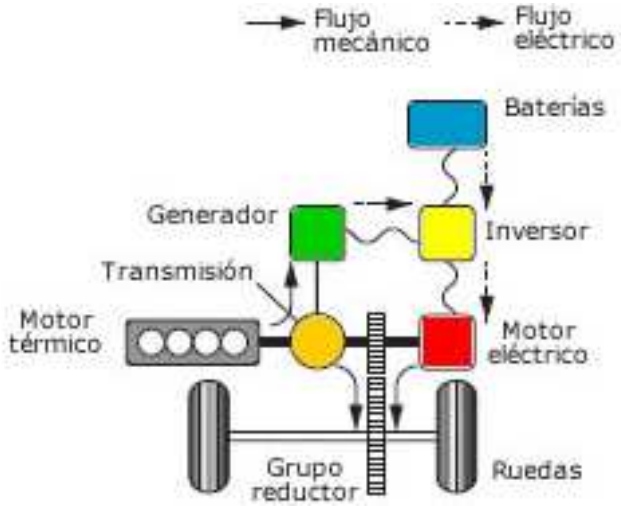
- A bajas velocidades el funcionamiento es más similar al de distribución en serie, mientras que en velocidades más altas, al ser la distribución en serie menos eficiente, el motor toma el control para minimizar la pérdida de energía.

- Incurre en unos costes mayores que uno puramente paralelo, ya que requiere un generador y un pack de baterías mayor, así como dotar al sistema de la capacidad de controlar el sistema dual.

- Gracias a sus características, la eficiencia es mayor que en las disposiciones únicamente en serie o únicamente en paralelo.

En resumen: cualquier combinación de los dos motores sirve para impulsar el vehículo. El motor en híbrido combinado es un motor híbrido en serie con conexión mecánica a las ruedas. Es una solución muy eficiente pero la más compleja a nivel mecánico y electrónico. Combina un motor híbrido en serie y un motor híbrido en paralelo.

A continuación se recoge una representación esquemática de un motor de este tipo:



Motor híbrido combinado

2.1.2 Eléctrica 100%

Un autobús eléctrico, es aquel que utiliza energía eléctrica exclusivamente para su propulsión. Dentro de este tipo de vehículos, se distinguen diferentes clases:

- Autobuses eléctricos en los que la energía eléctrica se almacena en el propio autobús. Esta energía eléctrica se almacena normalmente en baterías (aunque hay otros sistemas de almacenamiento) que pueden ser cargadas bien en cocheras o bien mediantes cargas de oportunidad.

- Autobuses en los que la energía se suministra continuamente, desde el exterior del vehículo, como por ejemplo, los trolebuses. La energía eléctrica se puede suministrar a través de cables eléctricos, como en el caso de los trolebuses, o a través de conductores sin contacto en el suelo (inducción, un sistema mucho más reciente y que aún no está disponible a gran escala).

El 12 de marzo del año 2015, la Comisión Europea envía una solicitud de estandarización a CEN/CENELEC, para que tenga elaborada una propuesta de cuáles deben ser los estándares de las infraestructuras de carga de combustibles alternativos, antes del finales del año 2019.

Dado que esta tecnología se está ya implementando en diferentes ciudades y operadores de transporte, los agentes implicados (ciudades, operadores de transporte, fabricantes de vehículos…) han criticado siempre la amplitud de este plazo.

En la actualidad, un gran número de organizaciones está inmerso en el proceso de estandarización. Asimismo, se está realizando una gran cantidad de conferencias de alto nivel, seminarios, reuniones… para debatir el futuro de los autobuses eléctricos.

2.1.3 Pila de hidrógeno

Una pila de combustible es un convertidor de energía. Su funcionamiento consiste básicamente en transformar la energía química, almacenada en unos reactantes, en energía eléctrica. De esta manera se obtiene una corriente eléctrica que es capaz de alimentar distintos dispositivos. A diferencia de un motor de combustión interna, una pila de combustible es capaz de transformar la energía química almacenada en los reactantes, en energía eléctrica, sin tener que pasar por las etapas de energía mecánica y térmica, por lo cual aumenta la eficiencia del proceso.

En definitiva, una pila de combustible es un dispositivo que permite transformar, de una manera directa, la energía química almacenada en los reactantes, en energía eléctrica, a través de una serie de reacciones electroquímicas de una manera continua siempre y cuando se mantenga el suministro de reactantes.

La explicación química del proceso es la siguiente:

$H_2 + 0{,}5\ O_2 <-> H_2O$ (1) [Ecuación de combustión del H, en reacción directa con O]

$H_2 <-> 2\ H^+ + 2\ e^-$ (2) [Oxidación del H]

$0.5\ O^2 + 2\ H^+ + 2e^- <-> H^2O$ (3) [Reducción del O]

El combustible (hidrógeno) se suministra a un electrodo (ánodo) sobre el que se encuentra depositado un catalizador que permite acelerar la reacción de oxidación de combustible. Por otro lado, el oxidante (oxígeno) se suministra a su vez a otro electrodo diferente (cátodo) sobre el que también encuentra depositado un catalizador que permite, en este caso, aumentar la velocidad de la reacción de reducción. Uniendo los dos electrodos, se consigue un flujo constante de electrones que pueden aprovecharse por ejemplo, para alimentar un motor eléctrico.

A día de hoy, los vehículos propulsados por esta tecnología no son comercialmente viables ya que a pesar de que el hidrógeno es el elemento más abundante en la tierra, no existe en estado puro. Además, su almacenamiento es complejo y no existe tampoco la infraestructura de distribución de hidrógeno necesaria. Asimismo, el coste de fabricación de un vehículo de pila de combustible es considerablemente más elevado que el coste de fabricación del resto de vehículos, especialmente uno convencional.

2.2 Elementos de carga

2.2.1 Enchufes

Los modos de recarga de los coches eléctricos suponen un tema en constante evolución e investigación, en paralelo al desarrollo de los propios vehículos eléctricos. Por ello, se han estandarizado los diferentes modos de recarga (estándar internacional IEC 62196), dando lugar a 4 modos de carga diferenciados según sus características y su uso:

- Modo 1 (carga lenta): el modo de carga 1 es aquel en el que el vehículo carga en una toma no destinada exclusivamente a la carga del mismo. Se realiza en un enchufe clásico doméstico (una toma SCHUKO). Este sistema es el más sencillo, ya que requiere únicamente llevar un cable de una clavija Schuko 230V al vehículo. Normalmente, se cargan de este modo vehículos de pequeñas dimensiones como motos, bicicletas eléctricas, patinetes… La toma no incluye seguridad y no se aconseja para vehículos de mayor potencia.

- Modo 2 (carga lenta o carga semirápida): el modo de carga 2 consiste en la instalación de una caja con un enchufe tipo Schuko, que se utilizara normalmente de forma preferente para la carga del vehículo eléctrico en cuestión. Esta caja deberá estar provista de los sistemas de protección adecuados. La carga sigue siendo monofásica y con un voltaje de 230V (corriente alterna).

- Modo 3 (carga lenta, carga semirápida o carga rápida): Este modo de carga requiere de un dispositivo llamado wallbox (un punto de carga destinado exclusivamente a cargar vehículos eléctricos). Este punto de carga o wallbox, incorpora varios sistemas de protección necesarios para la seguridad de la instalación eléctrica y del vehículo. El modo 3 permite una carga monofásica y también una carga trifásica. Por lo tanto, si el vehículo lo permite, puede utilizarse para recargar hasta 32A (a más de 7.2kWh y 400V). La corriente utilizada sigue siendo corriente alterna.

- Modo 4 (carga rápida): Este modo de carga se considera como tal a partir de los 50kWh. Proporciona corriente continua al vehículo. El inversor se ubica en el equipamiento de carga, en lugar de en el propio vehículo, a diferencia de los otros 3 niveles anteriores.

Para las estaciones de carga (modo de carga 3 según lo expuesto en la IEC 61751-1), no se encuentra aún definido el estándar de conexión que se ajusta a las necesidades europeas y cuya utilización sea adecuada para todos los estados miembros.

Para coches, camiones ligeros y autobuses, la IEC 62196 contempla dos tipos de enchufes, el enchufe tipo 2 y el tipo 3-c:

Enchufes tipo 2 (izda.) y tipo 3-c (dcha.)

2.2.2 Pantógrafo

La carga nocturna es el método más habitual de cargar un autobús eléctrico: el vehículo se enchufa durante varias horas y sale a la carretera, cada día, con la batería recargada al máximo.

La alternativa a la carga nocturna es la carga de oportunidad –cargas intensas y rápidas en posiciones estratégicas a lo largo de la ruta, que puedan aumentar el alcance del vehículo. Normalmente para este método se utiliza un pantógrafo.

En relación a este elemento, existen dos tipos, los pantógrafos a bordo (incorporados en el propio autobús) y los pantógrafos invertidos (integrados en la propia infraestructura). A continuación se recogen las ventajas y las desventajas de cada uno de ellos.

- Pantógrafo a bordo:
    - Ventajas:
        a) En caso de avería, únicamente afecta a un vehículo.
        b) La capacidad de carga máxima es de 600kW.
    - Desventajas:
        a) El peso del vehículo y su coste aumentan.
        b) El consumo energético es mayor, como consecuencia de a).

- Pantógrafo invertido:
    - Ventajas:
        a) En cada vehículo únicamente es necesario instalar equipamiento pasivo de unos 15kg de peso.
        b) El diseño habitual de este tipo de elementos hace que sea compatible para autobuses de distintas dimensiones o distintos tipos de vehículos como camiones de recogida de residuos.

- Desventajas:

a) En caso de avería, incide sobre el conjunto de la línea.

b) La energía que transfiere es limitada.

Pantógrafos invertidos SLS 102 (izda.) y SLS 201 (dcha.)

2.2.3 Inducción

La carga inductiva o “sin cables”, no requiere de una infraestructura física que conecte el vehículo con la red eléctrica. En su lugar, el sistema crea un campo electromagnético local alrededor de una base de carga, que se activa cuando un vehículo eléctrico con un receptor compatible se posiciona sobre él.

Este sistema, actualmente funciona en pocos lugares, en los cuales se están realizando pruebas piloto, por lo que aún no está disponible comercialmente para ser utilizado a gran escala. Ejemplos de experiencias piloto en esta tecnología son algunas estaciones de autobús de Bélgica, Alemania, Holanda y Reino Unido o en Suecia (coches en este caso) s. En el caso de España, la EMT en Madrid está probando esta tecnología.

En el año 2012, bajo el Séptimo Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico (7PM) se realiza el proyecto UNPLUGGED, en el cual 17 actores del sector y de distintos países europeas comienzan a colaborar en el desarrollo y el uso de esta tecnología. Se distinguen tres escenarios según sus características:

1) Carga estacionaria (STATIONARY charging)
   a. No hay necesidad de utilizar el vehículo durante un tiempo medio/largo (> 5 minutos).
   b. El conductor no tiene intención de usar el vehículo inmediatamente.
   c. Posibles usos: aparcamiento en casa/oficina/supermercado…

2) Carga estática en ruta (EN-ROUTE charging)
   a. No hay necesidad de utilizar el vehículo durante un corto de tiempo (<5 minutos).
   b. Lo más probable es que el conductor permanezca en el vehículo.
   c. Posibles usos: semáforos, paradas de autobús, paradas de taxi…

3) Carga dinámica en ruta (dynamic EN-ROUTE charging)
   a. El vehículo se encuentra en movimiento.
   b. El conductor se dirige a un punto.
   c. Posibles usos: autopistas y carreteras estratégicas.

El resultado principal obtenido de UNPLUGGED fue el desarrollo, producción e implementación de dos estaciones de recarga, para vehículos de pasajeros (3,7kW) y para vehículos comerciales de carga ligera (50kW). Otros resultados son el desarrollo de un sistema de posicionamiento con precisión de 10 centímetros, que combina una cámara, la tecnología RFID y un panel adaptado para la información dentro del vehículo, o un sistema de comunicación inalámbrica interoperable entre el vehículo y la estación de carga.

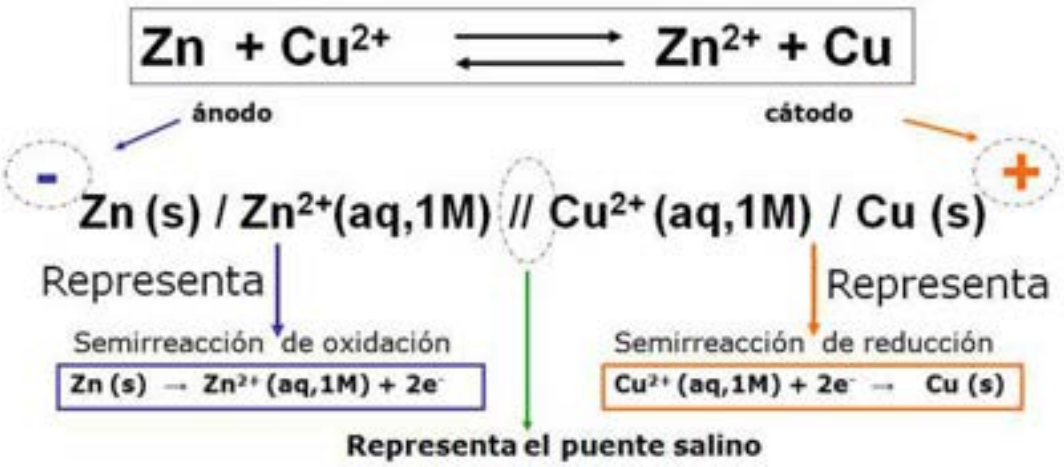
2.3 Sistema de almacenamiento de energía

2.3.1 Batería

Uno de los componentes más importantes de todo vehículo eléctrico es la batería. Su importancia es tal que la autonomía y el precio del vehículo dependen del tamaño y el tipo de la misma. Este acumulador de energía almacena la electricidad mediante elementos electroquímicos, un proceso con pérdidas mínimas que permite un rendimiento cercano al 100%. Las baterías, soportan un número finito de ciclos de carga y descarga completos (ciclo de vida de la batería).

La explicación química del funcionamiento de los diferentes tipos de batería para vehículo eléctrico es que aprovecha la energía desprendida de reacciones de oxidación-reducción para producir una corriente eléctrica. Esto sería básicamente el proceso de descarga, siendo lo mismo a la inversa (mediante el uso de una corriente eléctrica para producir un cambio químico) el proceso de carga.

La reacción de oxidación-reducción ("redox"), es un proceso donde uno de los componentes de la batería pierde electrones y el otro los gana, es decir, uno se oxida y otro se reduce. Una batería está formada por dos electrodos (ánodo y cátodo) sumergidos en un electrolito. El primero de ellos se oxidará, y el segundo ganará electrones (se reducirá). Esto ocurre en el proceso de descarga donde al tener la electricidad signo opuesto al flujo de electrones, esta irá del polo positivo (cátodo) hasta el negativo (ánodo). En el proceso de carga cátodo y ánodo se invierten para que el segundo vuelva a ganar los electrones perdidos durante el proceso de descarga de la batería.



Reacción-Oxidación. Notación de una pila.

Las principales características a tener en cuenta en una batería destinada a un vehículo eléctrico son las siguientes:

- Densidad energética. Energía que puede suministrar la batería por cada kg. Cuanto mayor sea, más autonomía tendrá el vehículo o menor será su peso. Se mide en Wh/kg.
- Potencia. Es la capacidad de proporcionar amperaje máximo al proceso de descarga. A más potencia, mejores serán las prestaciones del vehículo. Se mide en W/kg.
- Eficiencia. Es el rendimiento de la batería (energía realmente aprovechada frente a energía consumida). Se mide en tanto por ciento.
- Ciclo de vida. Ciclos completos de carga y descarga que soporta la batería antes de requerir su sustitución. A mayor número de ciclos, más duradera será la batería.

A continuación se detallan los principales tipos de batería para vehículos eléctricos:

Baterías de ion-litio.

Son baterías de reciente creación y están formadas por un electrolito de sal de litio y electrodos de litio, cobalto y óxido. El uso de nuevos materiales como el litio permite conseguir altas energías específicas, alta eficiencia, eliminar el efecto memoria, ausencia de mantenimiento y facilidad a la hora de reciclar desechos. Comparadas con otras baterías, por ejemplo una de níquel-cadmio, estas disponen del doble de densidad siendo un tercio más pequeñas. Sin embargo, tienen un coste de producción alto y deben de ser almacenadas con cuidado (necesitan un ambiente frio). A día de hoy representan la mejor opción para su utilización en vehículos eléctricos, pero existe aún un gran margen de mejora.

Batería de litio-hierro-fosfato.

Las baterías de litio-hierro-fosfato son una variación de las de ion-litio. Resultan más seguras y estables, ofreciendo un periodo de vida útil más largo, y mayor potencia. Sin embargo, su densidad es menor, con lo que disminuye la cantidad de energía que pueden acumular, por kg de peso. Sin embargo, su coste de producción es bastante menor, factor que las convierte en una opción frecuente para los vehículos eléctricos.

Batería de litio-manganeso.

La ventaja de este tipo de baterías es que son muy poco contaminantes al mismo tiempo que aguantan un mayor voltaje y presentan una mejor tolerancia al calor. Su principal desventaja es su densidad energética, que implica una capacidad de almacenaje por kg de peso, baja.

Batería de litio-níquel-cobalto-manganeso.

Esta variante es una combinación de las variantes anteriores. Equilibra muy bien el rendimiento, con el coste, lo cual la convierte en una de las opciones más atractivas y populares para el vehículo eléctrico. Presenta una de las mejores densidades energéticas, el periodo útil es largo, y además, es compatible con voltajes elevados.

Batería de litio-polímero

Las baterías de polímero de litio son otra variación de las Ion-litio, en este caso, con algunas mejoras como una mayor densidad energética y una potencia más elevada. Son ligeras, eficientes y carecen de efecto memoria. Un bajo ciclo de vida y un coste elevado son sus principales desventajas. No son una opción muy extendida.

Batería de litio-titanio.

Es la variante de litio que ofrece una mayor durabilidad. Este tipo de acumulador puede soportar, incluso, 12.000 recargas, superando así por mucho a otros modelos de baterías. Su densidad energética muestra una buena relación energía acumulada-peso. Su principal desventaja es su alto coste como consecuencia del uso del titanito.

Batería de plomo-ácido.

Es el tipo de batería más utilizado y el más antiguo. Consta de dos electrodos, uno positivo y uno negativo, conectados formando un circuito cerrado para generar una corriente eléctrica a medida que los electrones fluyen de manera espontánea de un electrodo a otro. El electrodo positivo se compone de una placa de plomo recubierta de óxido de plomo (II) PbO2 y el electrodo negativo se compone de plomo esponjoso. Reciben el nombre de baterías de plomo ácido porque utilizan como electrolito una disolución de ácido sulfúrico. Su bajo coste las hace ideales para las funciones de arranque, iluminación o soporte eléctrico, siendo utilizadas como acumuladores en vehículos de pequeño tamaño. Sus desventajas son un peso excesivo, la toxicidad del plomo y procesos de carga lentos.

Batería níquel-hierro.

Es una batería que tiene óxido de níquel (III). En las placas positivas tiene hidróxido y en las negativas hierro, con un electrolito de hidróxido de potasio. Los materiales activos se mantienen en tubos de acero niquelados o en bolsas perforadas. El alto coste de adquisición de sus elementos hace que no sea una de las soluciones preferidas por los fabricantes. Su uso está más orientado a aviones, helicópteros y vehículos militares por su buen rendimiento a bajas temperaturas. Es una batería muy robusta, tolerante al abuso, y capaz de mantener una vida útil prolongada pero posee una eficiencia baja, de entre un 65% y un 80%.

Batería níquel-hidruro metálico.

Este tipo de batería utiliza un ánodo de oxidróxido de níquel (NiOOH) y un cátodo de una aleación de hidruro metálico. Esta batería permite eliminar el costoso (y peligroso para el medio ambiente) cadmio. En definitiva, es una batería similar a la de níquel-cadmio, pero mejorando la capacidad de estas y reduciendo el efecto memoria y la agresividad con el medio ambiente. Sin embargo, requieren de un mantenimiento constante y se deterioran frente a temperaturas elevadas, altas corrientes de descarga y sobrecargas. Además generan mucho calor y los procesos de carga son lentos.

Batería ZEBRA (Na-Ni):

Estas baterías, también llamadas de sal fundida, trabajan a 250ºC y tienen como electrolito cloro aluminato de sodio triturado. Es una batería compleja y de mayor contenido químico pero presenta unas características de energía y potencia competitivas. El electrolito se solidifica en desuso, por lo que necesita un tiempo de fundición que puede llegar a ser de dos días hasta alcanzar la temperatura óptima. De todos los tipos de batería es la que presenta el mejor ciclo de vida pero presentan un tamaño grande y una potencia baja.

Batería de Aluminio-aire.

Conocida como "pila de combustible", es un dispositivo electroquímico, capaz de convertir directamente la energía química contenida en un combustible en energía eléctrica. Esta transformación electroquímica (sin combustión) no está limitada por el rendimiento de Carnot, lo que permite conseguir rendimientos altos y tener un enorme potencial de aplicación. Tiene una capacidad de almacenamiento de hasta diez veces más que las baterías de tipo Ion-litio y una densidad energética muy superior al resto. Sin embargo, no han tenido una buena aceptación comercial por sus problemas de recarga y su fiabilidad. Se encuentran en una fase experimental.

Batería Zinc-Aire

Al igual que la batería de Aluminio-aire, se encuentra en fase experimental, pero de desarrollo más avanzado. Necesita obtener oxígeno de la atmósfera para generar una corriente. Tiene un alto potencial energético, una buena fiabilidad y es capaz de almacenar el triple de energía que una batería de Ion-litio en el mismo volumen. De todos los tipos analizados es el que tiene mayor potencial.

A continuación se recoge una tabla, a modo de comparativa entre algunos de los tipos de baterías detallados anteriormente (lo más utilizados):

Tipo de baterías recargables	Energía (Wh/kg)	Energía/volumen (Wh/litro)	Potencia/Peso (W/kg)	Núemero de ciclos	Eficiencia energética-%
Zebra (NaNiCl)	125	300		1.000	92,5
Polímero de litio	200	300	>3.000	1.000	90,0
Iones de litio	125	270	1.800	1.000	90,0
Níquel-Hidruro Metálico (NiMH)	70	140-300	250-1.000	1.350	70,0
Níquel Cadmio (NiCd)	60	50-150	150	1.350	72,5
Plomo-ácido	40	60-75	150	500	82,5

Comparativa de los principales tipos de batería

Centrando el análisis en las baterías de litio, la comparativa es la siguiente:

Bateria	LiFePO4	LiCoO2	LiMn2O4	Li(NiCo)O2
Seguridad	Segura	Inestable	Aceptable	Inestable
Contaminacion medioambiental	La mas ecologica	Muy contaminante		Muy contaminante
Durabilidad	Excelente	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Relacion fuerza/ peso/capacidad	Aceptable	Buena	Aceptable	La mejor
Costo a largo plazo	Excelente	Alto	Aceptable	Alto
Temperatura de trabajo	Excelente (-20C to 70C)	Decae mas alla de (-20C to 55C)	Decae rapidamente a mas de 50 C	-20C to 55C

Comparativa de los principales tipos de baterías de litio

Debido a sus características, las baterías de ion-litio se utilizan frecuentemente para cargas rápidas de vehículos eléctricos y otros elementos como por ejemplo herramientas eléctricas, alumbrado de emergencia o sistemas de energía solar.

Asimismo, la batería de Litio Fosfato de Hierro ha demostrado ser la batería más respetuosa con el medio ambiente. El principal problema con baterías de iones de Litio es la seguridad, ya que la sobrecarga y el recalentamiento puede causar incendios y explosiones a excepción de la batería LiFePO4, que comparativamente, son más seguras.

2.3.2 Ultra condensador

Un ultra condensador, también llamado condensador de doble capa, es un condensador electroquímico que posee una densidad energética inusualmente alta. Los ultra condensadores no requieren de un dieléctrico, por lo que pueden fabricarse casi en cualquier tamaño desde el tamaño de un sello (para móviles) hasta grandes tamaños (para vehículos). Estos dispositivos funcionan polarizando una solución electrolítica, lo que permite el almacenamiento de energía eléctrica de forma estática. Con respecto a una batería recargable, presenta cinco diferencias:

- Los ciclos de carga. Los ultra condensadores pueden cargarse y descargarse cientos de miles o millones de veces sin perder rendimiento.

- Los períodos de carga. Al no basarse en reacciones químicas los ultra condensadores e cargan y descargan muy rápidamente.

- Los ultra condensadores son de menor tamaño y peso que las baterías.

- Densidad energética. Los ultra condensadores almacenan entre una quinta y una décima parte de lo que almacena una pila.

- Liberación de energía. Los ultra condensadores liberan su carga muy rápidamente. En vehículos eléctricos, estas explosiones energéticas son de mucha utilidad para, por ejemplo, superar obstáculos como una pendiente pronunciada.

Los ultra condensadores tienen múltiples aplicaciones, desde la alimentación de memorias en sistemas críticos hasta el suministro de breves pulsos de energía en sistemas de alta potencia. Los ultra condensadores no son capaces de almacenar tanta energía como las baterías, pero sí pueden suministrar o absorber los pulsos de energía, ayudando esta manera a disminuir los picos de corriente de las mismas. En consecuencia, la tendencia general no es sustituir completamente a las baterías sino complementarlas, consiguiendo con ello reducir su tamaño y alargar su vida útil.

Existen diferentes proyectos y estudios para la implementación de esta tecnología en vehículos eléctricos. Uno de ellos es el proyecto “Hyheels” (Almacenamiento híbrido de energía eléctrica de alta capacidad), en el cual, se busca optimizar un sistema de almacenamiento y suministro de energía basado en ultra condensadores, en cuanto a su comportamiento térmico, peso y coste, para poder emplearlo en vehículos híbridos y con celdas de combustible.

2.4 Justificación de Híbrido y Eléctrico vs Diesel. TCO

La principal justificación de los autobuses híbridos y eléctricos frente a los diésel es el respeto al medio ambiente, dado que estos dos últimos llevan aparejada una reducción de emisiones contaminantes con respecto al primero. Bajo condiciones idénticas, de 200km/día y una operación de 330 días al año:

Autobús Diesel E6

- Consumo: 50l/100km
- Emite 279kg de CO_2/día
- Emite 92.000kg CO_2/año

9.000 autobuses urbanos Diesel, en España, emiten 828.000 toneladas de CO_2/año.

Autobús Híbrido

- Reducción del 25% de consumo
- Emite 43,4kg de CO_2/día
- Emite 13.000kg CO_2/año

9.000 autobuses urbanos híbridos emitirían 621.000 toneladas de CO_2/año.
207.000 toneladas < Diesel

Autobús eléctrico

- Reducción 100% emisiones directas en las ciudades
- Emite 0kg de CO_2/día
- Emite 0kg CO_2/año

9.000 autobuses urbanos eléctricos, en España, emiten 0 toneladas de CO_2/año. (*)
828.000 toneladas < Diesel

A pesar de la ausencia de emisiones directas en los núcleos urbanos, los autobuses eléctricos no se pueden considerar aún como vehículos cero emisiones ya que la energía eléctrica que sirve para su propulsión no procede de manera íntegra de fuentes renovables.

Sin embargo, sí contribuyen a una mejor calidad del aire en las ciudades como consecuencia de la ausencia de emisiones directas en la fase de uso (CO_2, NO_x).

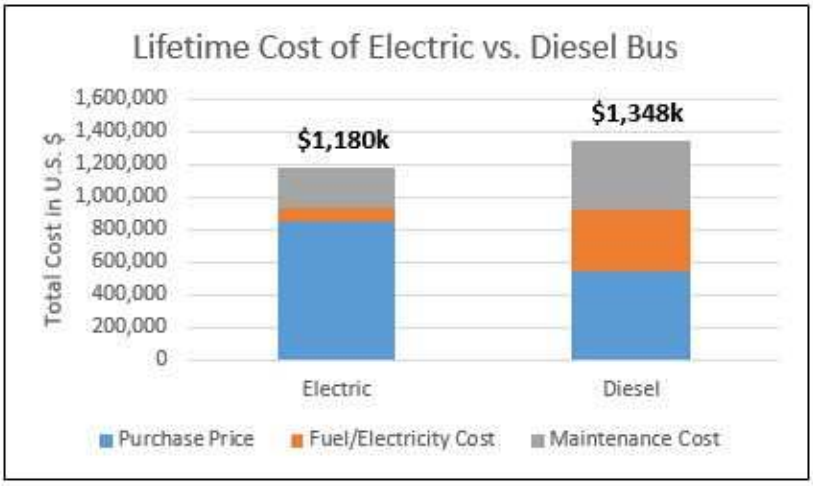
Nota:

2,79 kg CO2 = 1 l de gasoil

2,79 kg CO2 = 1 l de gasoil Emisiones de CO2 = (kWh/año x 181 g de CO2/kWh) = g de CO2/año

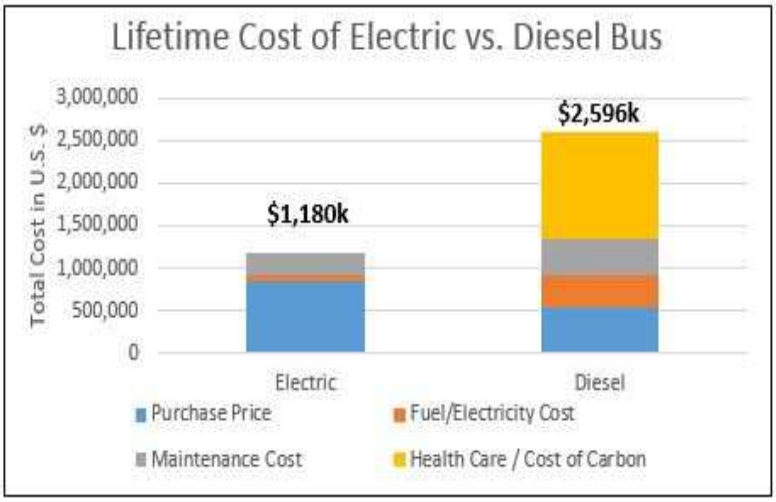
El TCO (Coste Total Operacional) agrupa todos los costes que soporta el cliente, desde su adquisición hasta el final de la vida útil del vehículo.

La Electric Power Research Institute junto con el NRDC, ha concluido que el TCO de un autobús eléctrico es inferior al de uno diésel, incluso antes de incorporar al análisis factores externos como por ejemplo, el impacto en el medio ambiente.



Coste vida del vehículo eléctrico VS Diésel, sin costes externos

Una vez añadidos los costes externos del efecto sobre la salud humana o el coste del carbón, la diferencia de Coste Total Operacional es mayor, y aún más favorable para el caso del vehículo eléctrico frente al Diésel.



Coste vida del vehículo eléctrico VS Diésel, con costes externos

En definitiva, a pesar de que el coste del vehículo es mayor en el caso de los vehículos eléctricos, a lo largo de toda la vida útil el coste total, según este estudio, es menor que de un vehículo convencional, siendo mayor aún la diferencia si se incorporan al análisis otros costes externos cómo el efecto sobre la salud humana o el coste del carbón.

3. AUTOBUSES 100% ELÉCTRICOS DE 12 METROS EN SAN SEBASTIÁN (DBUS)

3.1 Tipos de vehículos

3.1.1 Irizar i2e

El modelo de autobús 100% eléctrico introducido en la flota es el **Irizar i2e**, que ofrece una solución sostenible y eco-eficiente para responder a las necesidades de movilidad urbana de las ciudades presentes y futuras. Las ventajas de este modelo son su eficiencia y fiabilidad, (cuenta con una batería ampliamente testada), así como las múltiples opciones de customización que ofrece a los operadores.

Las emisiones directas en el entorno urbano son del 0%, trasladando las emisiones de este modo a los centros de generación de la energía. En lo que respecta a la huella de carbono, según el fabricante, es un 86% menor que la de autobús convencional (8,45 gramos de CO_2 eq. por kilómetro recorrido y pasajero). Además de la ausencia de emisiones en el entorno urbano, otra ventaja importante es la ausencia de ruido y vibraciones para los pasajeros.

Irizar i2e introducido en la flota DBUS.

La proximidad geográfica, la cultura corporativa similar, hablar un mismo lenguaje, son factores que convierten a Irizar un buen proveedor para DBUS de esta tecnología, de cara a garantizar el servicio integral y el mantenimiento de los autobuses, especialmente teniendo en cuenta que al ser una tecnología que no está plenamente desarrollada se dan imprevistos con más frecuencia.

Asimismo, Irizar, junto con Solaris, VDL y Volvo, forma parte del grupo de fabricantes europeos que han acordado en 2016 un interfaz de carga abierta, para garantizar la interoperabilidad de los autobuses eléctricos

mediante una infraestructura de carga facilitada por ABB, Heliox y Siemens, estableciendo así un estándar europeo común para los sistemas de autobuses eléctricos.

Especificaciones técnicas del vehículo

Dimensiones:

- Longitud (ejes): 11,98m (2 ejes).
- Altura máxima: 3,22m.
- Anchura: 2,55mm.
- Batalla: 5,77m.
- Voladizo del frente/trasero: 2,805m/3,405m.
- Altura interior: 2,4m.
- Altura del suelo: 3,4m.
- Ángulo de ataque: 6,5º.
- Ángulo de salida: 7º.
- Altura en peldaño, puerta 1: 250mm (320mm sin kneeling).
- Altura en peldaño, puerta 2&3: 270mm (340mm sin kneeling).
- Anchura puerta (Puerta 1): 1.200mm.
- Anchura puerta (Puerta 2): 1.200mm.
- Anchura puerta (Puerta 3): 1.050mm.
- Diámetro de giro: 23,68m.
- Tres puertas dobles.
    - Dos o una zona de silla de ruedas.
    - Cuatro asientos para PMR.
- 24 pasajeros sentados.
- Capacidad total: 76 pasajeros.

Sistema de almacenamiento de energía:

Especificación de las baterías:

- Tipo: Na-Ni.
- Voltaje nomina: 600V/650V.
- Capacidad total: 376kWh.
- Ultra condensadores: 125V.

Recarga:

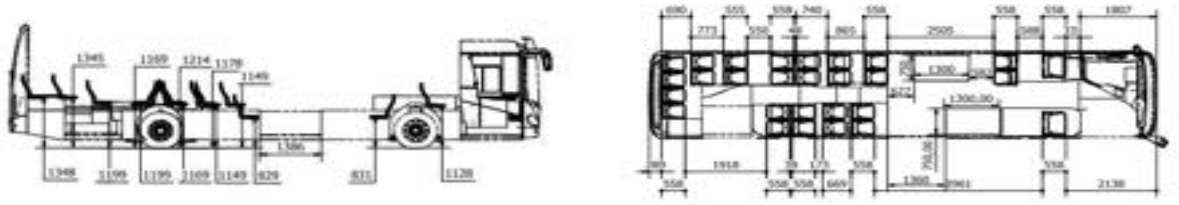
- Enchufe (Combo standard): 125A.
- Tiempo de recarga: 6h.
- Gestión de almacenamiento energético a medida.

Equipamiento:

- Iluminación LED interior y exterior.
- Sistema de climatización para el conductor (3,5Kw) y para los pasajeros (35Kw).
- Tipo de lunas doble.

- Creepage function (mantiene el bus parado cuando está en cuesta unos segundos, para que no se vaya hacia atrás).
- Cumplimiento de compatibilidad magnéticas según 95/94.
- Cumplimiento de resistencia al fuego según 95/28.
- Cuadro de relojes según recomendaciones VSV.
- Materiales anti-grafiti.
- Emparrillado/suelo: aceros de alta calidad.
- Aislamiento de techos y costados.

Esquema:



Dimensiones y distribución de asientos del autobús Irizar ie2

Especificaciones técnicas de la estación de carga

IF-100	
INPUT DATA (DC)	
Dc Voltage Range	410-750
Maximum Voltage (Voc)	880
Maximum Current (Isc)	250 A
MPPT Tracking Number	1
Supervision String	Optional
Short-circuit and ground derivation	Optional
Isolation default detection	Yes
OUTPUT DATA (AC)	
Rated power (kW)	100 kW
Rated maximum power (kVA)	105 kW
Rated voltage	400 V
Rated current	144 A
Maximum current	152 A
Frequency	50-60 Hz

Nominal power factor	Adjustable between 0,8 and 1
Total current harmonic distortion (THD)	<3%
Galvanic Isolation Transformer	Optional
European Efficiency (%)	95,5
Max Efficiency (%)	96,7
Control architecture	Control Logic and DSP SVM Technology
Soft Start	Yes
Communications	RS-485 (Optional:Ethernet, GPRS,…)
PROTECTIONS	
Overvoltage	Input and output
Overcurrent	Input and output
Reverse polarity	Yes
Over temperature	Yes (Power regulation included)
Frequency max/min	Yes
Voltage max/min	Yes
Connection/disconnection	Optional (contactors)
Anti-islanding protection	Automatic switch off
MAIN DATA	
Standards	RD 1663 / 2000, DK 5940, VDE 0126-1-1, Arrêté du 23/04/08
	EMC Directives, EN 50081-1-1 and 50081-3
	EN 50178 Low Voltage Directive, CE marked
Working temperature	minus 10 ºC to plus 55 ºC
Relative Humidity	0%-95% without condensation
Dimensions (h x w x d)	1900 x 800 x 800
Weight	970 Kg
Protection class (IP)	IP30 (Optional IF54)
Seismic standards	Optional
Night-time consumption	50 W
Standby consumption	120 W
Heating power	2250 Wmax
Extraction capacity	4000 m3/h

Especificaciones de IF-100 (Jema Energy)

Unidad de carga inteligente.

La unidad de carga inteligente es responsable de controlar el proceso de carga de los autobuses eléctricos. Su misión es controlar que el consumo eléctrico no supere los valores contratados durante el día y eliminar cualquier restricción en los niveles de consumo eléctrico por la noche.

Ventajas:

✓ 100% eléctrico. 0% de emisiones directas en el entorno urbano: eliminación de emisiones directas en la fase de uso ($C0_2$, NO_X).

✓ Ausencia de ruido y vibraciones para los pasajeros.

✓ 86% de reducción de huella de carbono frente a un autobús diésel convencional.

✓ Eficiencia del sistema de tracción eléctrica: 70% frente al 35% máximo del convencional.

✓ Autonomía teórica según el fabricante de 200-220km con una sola carga de 7-9h (suponiendo una velocidad de circulación de 15-17km/h). [En la práctica, la experiencia de DBUS demuestra que en 7 horas no es posible realizar una carga completa del vehículo].

✓ Tasa de recuperabilidad y reciclabilidad de materiales y equipos superior al 90%.

✓ Sistema de atornillado modular y baterías 100% reciclables. - mantenimiento y + vida útil.

✓ Primer autobús eléctrico que cumple con la normativa de seguridad antivuelco R.66.

✓ Diseño (distribución de butacas y ubicación de sillas de ruedas) flexible y adaptable a las necesidades del operador.

✓ Colaboración de la Red Vasca de Tecnología.

✓ Impulso a la MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE.

✓ Polivalencia: los autobuses de 12 metros representan el 70% de la flota de DBUS y circulan por la mayoría de los recorridos.

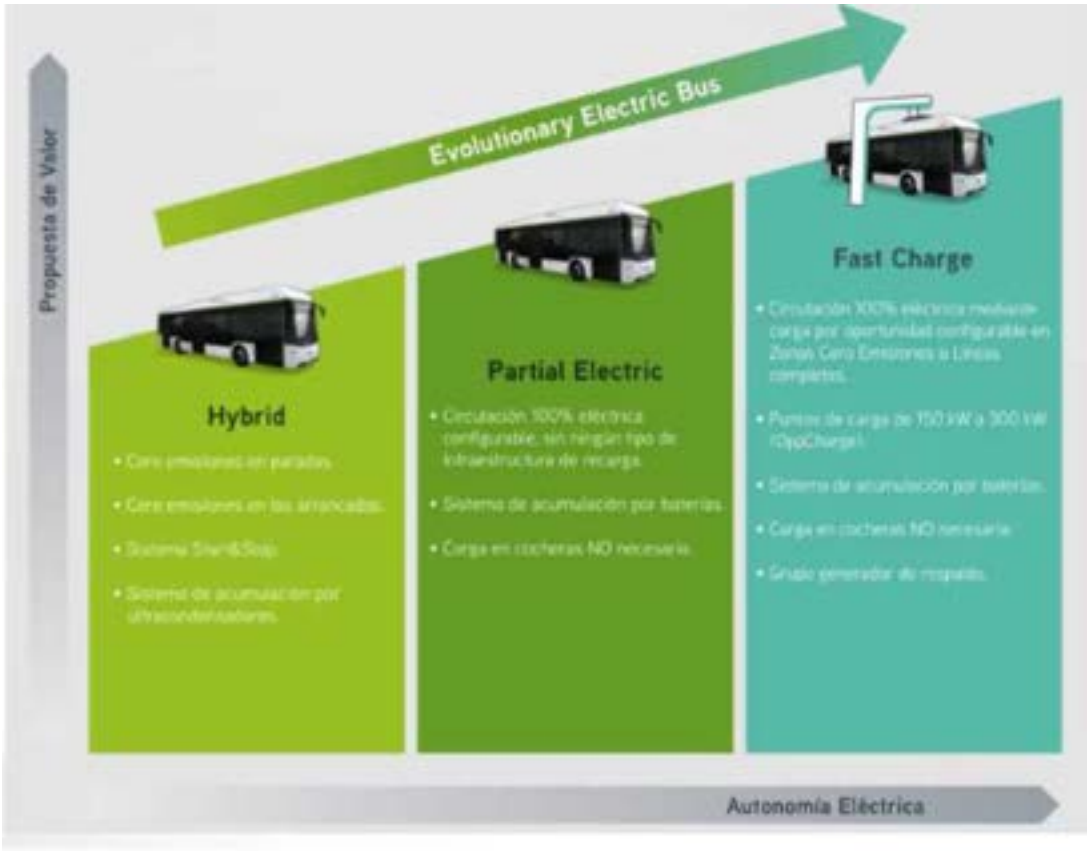
3.1.2 Vectia Veris.12

Características del vehículo

- Longitud: 12 metros.
- Puertas: 3 (basculante, alemana, alemana).
- Distribución: 23 asientos + 2 PMRSR + 69 de pie.
- Modelo butacas: City Lite (Verde/azul).
- Barras acabado inoxidable.
- Rampa doble: automática SAM 1001 + manual de Masats.
- Cristales Verde Venus.

- Butaca conductor: ISRI 6860/875.
- Cuadro de mandos Actia.
- Antivaho: Frío/calor.

Distribución de asientos en el autobús Vectia Veris.12.



Vectia Veris.12. Tipos

Existen tres versiones del modelo según sus características:
La versión más sencilla es el modelo “Hybrid”. Se trata de un vehículo híbrido que cuenta además con el sistema Start&Stop y con un sistema de acumulación por ultra condensadores.

El modelo “Partial Electric” incluye además un sistema de acumulación por baterías gracias al cual el vehículo puede circular de manera 100% eléctrica (configurable) sin ningún tipo de infraestructura de recarga y prescindiendo de la necesidad de carga en cocheras.

El modelo más sofisticado es el modelo “Fast Charge”, en el cual la circulación es 100% eléctrica mediante carga por oportunidad configurable. Cuenta con un sistema de acumulación por baterías y un grupo generador de respaldo. Para cargar el vehículo se utilizan puntos de carga de 150kW a 300kW (Opp Charge).
A continuación se recoge un gráfico con la siguiente información.

Ventajas de la carga por oportunidad:

- ✓ Peso más bajo y por tanto, menor consumo.
- ✓ Aumento del número de pasajeros.
- ✓ Precio de adquisición más bajo debido a menor ESS.
- ✓ Tiempo de carga reducido.
- ✓ Menor coste de mantenimiento y coste de cambio de baterías.
- ✓ No hay necesidad de carga en las cocheras.
- ✓ El punto de carga es válido para todos los autobuses y compatible también con otros vehículos.

3.2 Experiencia por líneas (Irizar i2e)

3.2.1 Línea 26

Itinerario

La línea 26 conecta el centro de San Sebastián con los barrios de Amara, Loiola y Martutene. Comparte recorrido con la línea 21, con la diferencia de se extiende además a otras zonas como Riberas de Loiola, Txomin y Loiola.

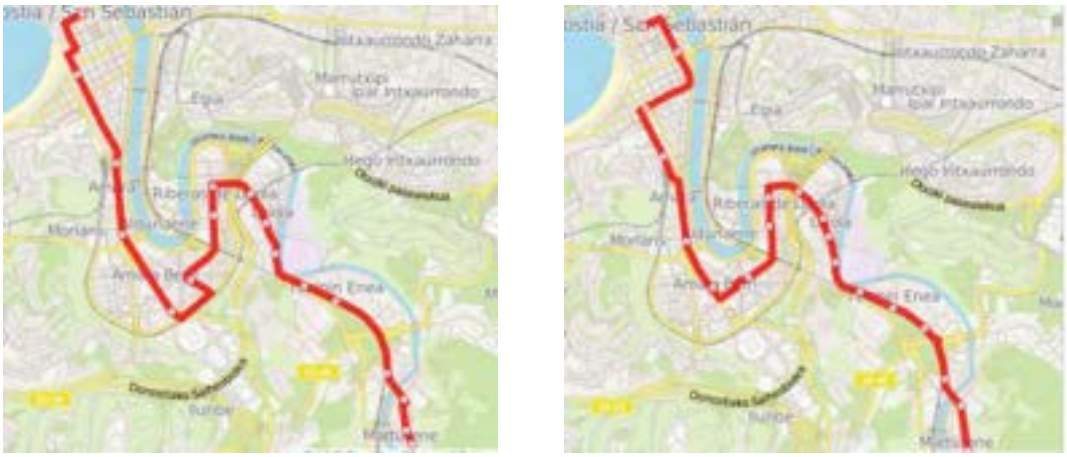
Cuenta con 34 paradas en su recorrido principal y dos itinerarios diferentes, ligeramente diferentes entre sí, en uno de los cuales los autobuses acceden a una zona industrial (Polígono 27) y en el otro, directamente a Martutene (se considera éste el principal).

La longitud de la línea, para cada itinerario es:

- Trayecto de ida (Martutene): 6.883 metros.
- Trayecto de vuelta (Martutene): 6.568 metros.
- Trayecto de ida (Polígono 27): 7.219 metros.
- Trayecto de vuelta (Polígono 27): 7.649 metros.

En esta línea, los autobuses operan durante 17 horas. Un recorrido completo de ida y vuelta supone 1 hora por lo que se requieren al menos **230 kilómetros** para completar el servicio.

A continuación se recogen los mapas de ambos recorridos, (en los sentidos tanto de ida como de vuelta).



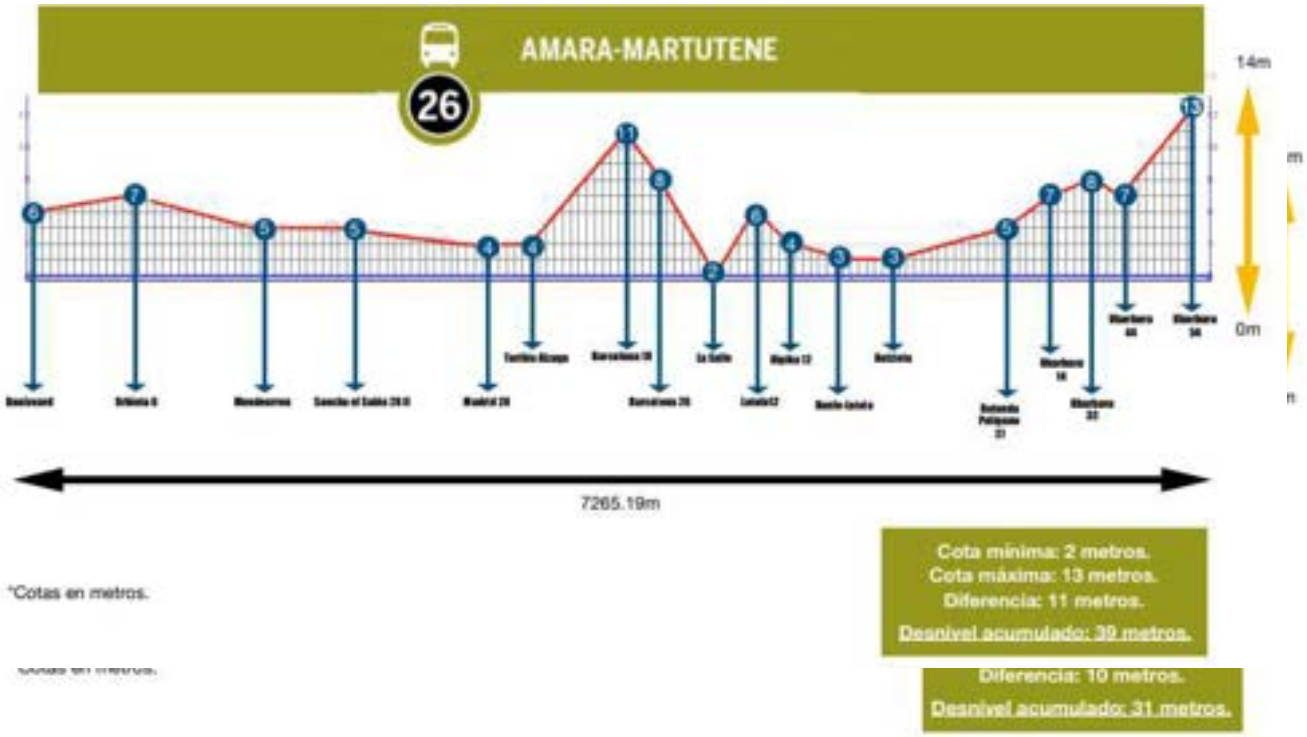
Línea 26 Boulevard-Larrun Mendi y Larrun Mendi-Boulevard, respectivamente

Línea 26 Boulevard-Ubarburu y Ubarburu-Boulevard, respectivamente

Orografía

A continuación se recogen los perfiles longitudinales de cada recorrido, en sentido de ida, elaborados a partir de una serie limitada de puntos (las paradas).

Ambos recorridos presentan un perfil similar, prácticamente llano, siendo muy ligeramente de mayor exigencia el recorrido que finaliza en el Polígono 27.



Perfiles longitudinales Línea 26. Larrun Mendi y Ubarburu, respectivamente

Horario

Los días laborables y los sábados, la ruta se opera entre las 7 de la mañana y las 12 de la noche, retrasando el inicio de operación a las 9 de la mañana, los domingos y festivos. La frecuencia es de 12 minutos los días laborables, de 15 minutos los sábados y de 20 minutos los domingos y festivos. Ambos recorridos requieren de 30 minutos para completarse (por sentido).

Usuarios

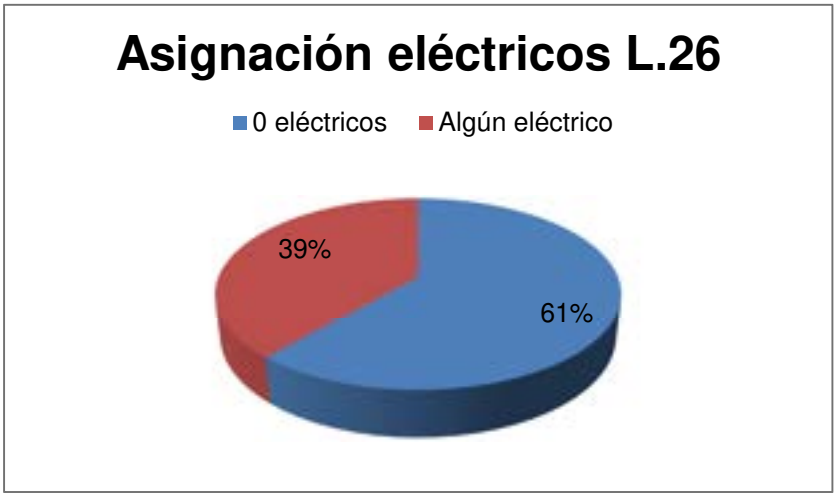
La línea 26 es una de las principales líneas de la ciudad, con más de 1,5 millones de viajeros anuales. A continuación se muestra una tabla con los datos relativos al número de usuarios de la línea.

	2018
Día laborable (media)	4.903 usuarios
Sábado (media)	4.804 usuarios
Domingo/Festivo (media)	2.846 usuarios

Número de usuarios de la línea 26

Resultado autobuses eléctricos en la línea 26.

De los 991 días analizados se ha asignado al menos algún autobuses eléctrico a la línea, en 235 días. El porcentaje de asignación correspondiente a la línea 26 es del 31,7%:

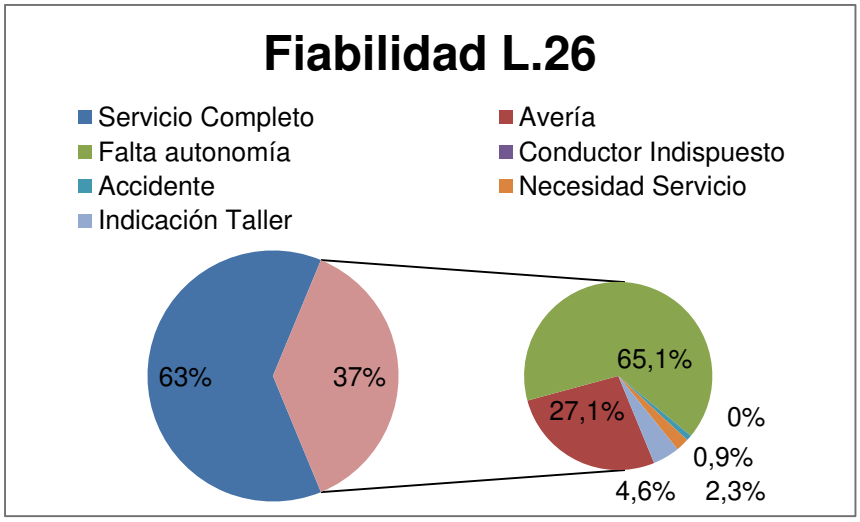


% Asignación	31,722222

Días transcurridos	991
0 eléctricos	608
Algún eléctrico	383

Asignación de autobuses eléctricos a la línea 26

En total, se ha asignado, en el mismo periodo, un autobús eléctrico a la línea en 581 ocasiones, de las cuales 363 el autobús asignado ha completado el servicio sin incidencia alguna. Las 218 restantes el autobús ha tenido que se ha retirado, por una serie de motivos distintos cuyo detalle se recoge a continuación.



Fiabilidad de los autobuses eléctricos en la línea 26

Retirado	218
Servicio Completo	363

Motivos retirada	
Avería	59
Falta autonomía	142
Conductor Indispuesto	0
Accidente	2
Necesidad Servicio	5
Indicación Taller	10

3.2.2 Línea 21

Itinerario

La línea 21 conecta el centro de San Sebastián, partiendo del Boulevard, con el barrio de Amara y finaliza su recorrido en Mutualidades. Comparte recorrido con la línea 26, con la diferencia de que esta última continúa el recorrido desde Amara, hacia los barrios de Loiola, Riberas de Loiola y Martutene.

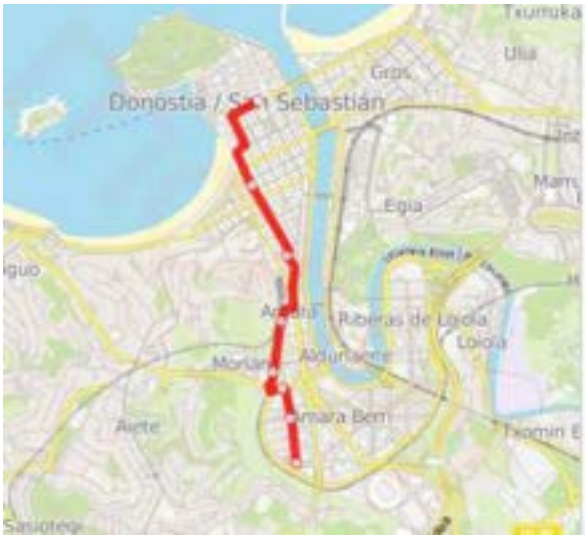
Cuenta con 17 paradas y un único itinerario.

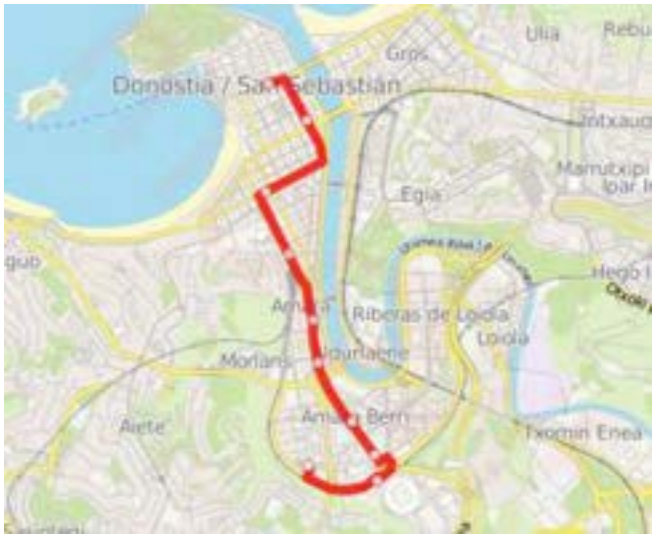
La longitud de la línea, es de:

- Trayecto de ida (Boulevard-Mutualidades): 2.591 metros.
- Trayecto de vuelta (Mutualidades-Boulevard): 3.462 metros.

En esta línea, los autobuses operan durante 15 horas. Un recorrido completo de ida y vuelta supone 40 minutos por lo que se requieren al menos **150 kilómetros** para completar el servicio.

A continuación se recogen los mapas del recorrido, (en los sentidos tanto de ida como de vuelta).





Línea 21 Boulevard-Mutualidades y Mutualidades-Boulevard, respectivamente

Orografía

A continuación se recoge el perfil longitudinal del recorrido en el sentido de ida (Boulevard-Mutualidades) elaborado a partir de una serie limitada de puntos (las paradas).

El perfil es el más llano y el menos exigente de todas las líneas en las que DBUS ha probado el autobús 100% eléctrico Irizar i2e.

Perfil longitudinal Línea 21. Boulevard-Mutualidades

Horario

Los días laborables y los sábados, la ruta se opera entre las 7:25 de la mañana y las 22:25, retrasando el inicio de operación a las 9:50 de la mañana, los domingos y festivos. La frecuencia es de 20 minutos los días laborables y los sábados y de 30 minutos los domingos y festivos. Tanto el recorrido de ida como el de vuelta requieren cada uno, de 20 minutos para completarse.

Usuarios

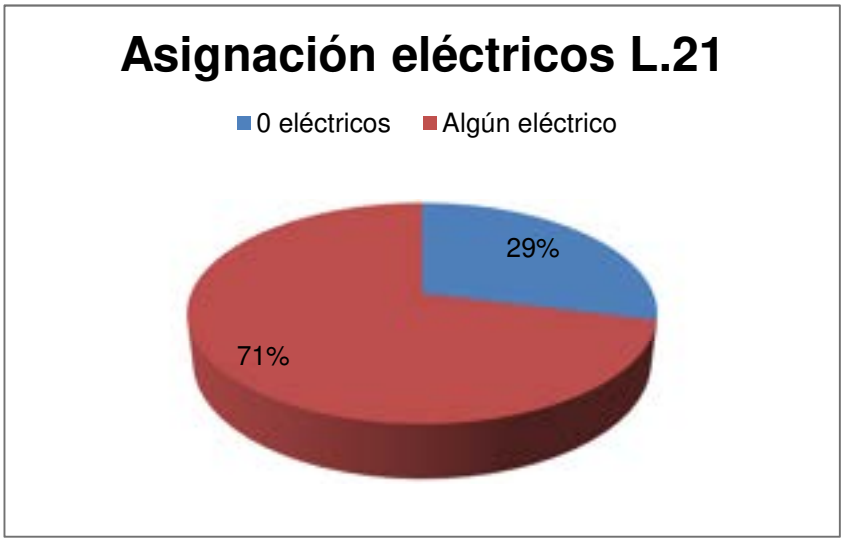
A continuación se muestra una tabla con los datos relativos al número de usuarios de la línea.

	2018
Día laborable (media)	1.819 usuarios
Sábado (media)	1.807 usuarios
Domingo/Festivo (media)	760 usuarios

Número de usuarios de la línea 21

Resultado autobuses eléctricos en la línea 21.

De los 991 días analizados se ha asignado al menos algún autobuses eléctrico a la línea, en 705 días. El porcentaje de asignación correspondiente a la línea 21 es del 43,2%.

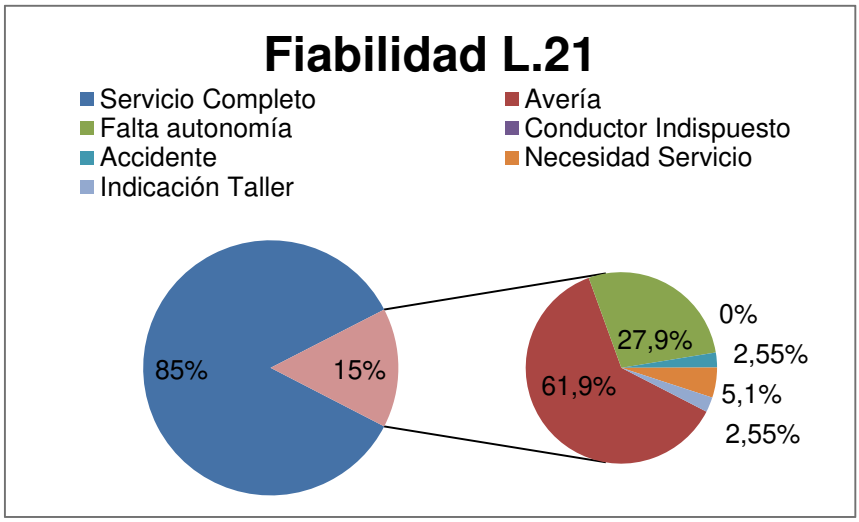


% Asignación	43,222222

Días transcurridos	991
0 eléctricos	286
Algún eléctrico	705

Asignación de autobuses eléctricos a la línea 21

En total, se ha asignado, en el mismo periodo, un autobús eléctrico a la línea en 778 ocasiones, de las cuales 660 el autobús asignado ha completado el servicio sin incidencia alguna. Las 118 restantes el autobús ha tenido que se ha retirado, por una serie de motivos distintos cuyo detalle se recoge a continuación.



Retirado	118
Servicio Completo	660

Motivos retirada	
Avería	73
Falta autonomía	33
Conductor Indispuesto	0
Accidente	3
Necesidad Servicio	6
Indicación Taller	3

Fiabilidad de los autobuses eléctricos en la línea 21

3.2.3 Línea 14

Itinerario

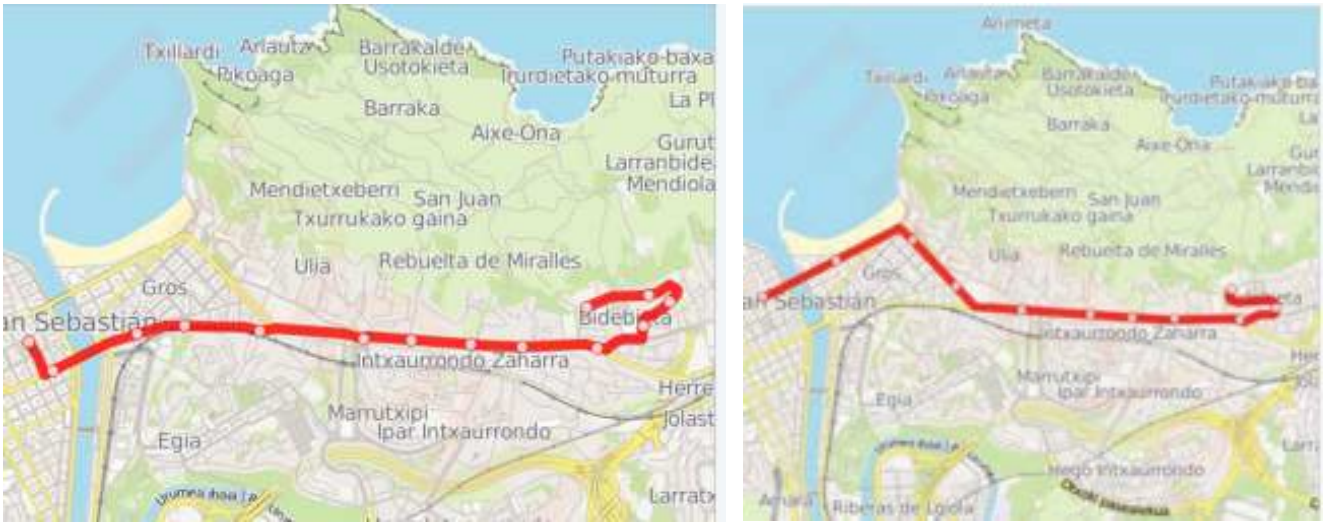
La línea 14 conecta el centro del municipio con Bidebieta, a través del barrio de Gros. Tiene su inicio en la Plaza Gipuzkoa y finaliza su recorrido en Serapio Mujika 29. Cuenta con 24 paradas y un único itinerario.

La longitud de la línea, es de:

- Trayecto de ida (Plaza Gipuzkoa-Serapio Mujika 29): 4.325 metros.
- Trayecto de vuelta (Serapio Mujika 29-Bidebieta): 4.218 metros.

En esta línea, los autobuses operan durante 17 horas. Un recorrido completo de ida y vuelta supone 40 minutos por lo que se requieren al menos **170 kilómetros** para completar el servicio.

A continuación se recogen los mapas del recorrido, (en los sentidos tanto de ida como de vuelta).

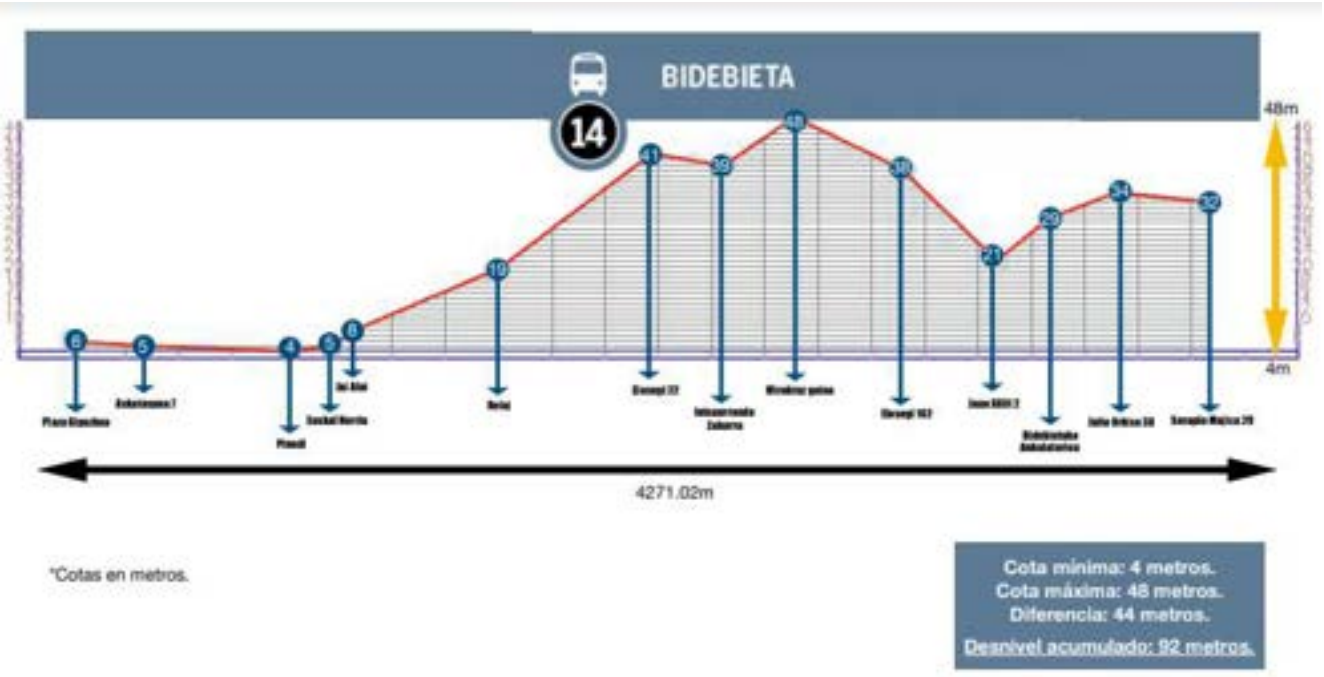


Línea 14 Plaza Gipuzkoa-Serapio Mujika 29 y Serapio Mujika 29-Plaza Gipuzkoa

Orografía

A continuación se recoge el perfil longitudinal del recorrido en el sentido de ida (Plaza Gipuzkoa-Serapio Mujika 29) elaborado a partir de una serie limitada de puntos (las paradas).

La diferencia entre la parada situada a una cota superior y la parada situada a una cota más baja, es de aproximadamente 44 metros. El perfil es llano en el inicio del recorrido, pero a medida que avanza atraviesa zonas más elevadas, hasta alcanzar una cota máxima de unos 50 metros.



Perfil longitudinal Línea 14. Plaza Gipuzkoa-Serapio Mujika 29

Horario

Los días laborables y los sábados, la ruta se opera entre las 7:10 de la mañana y 12 de la noche, retrasando el inicio de operación a las 10:00 de la mañana, los domingos y festivos. La frecuencia es de 10 minutos los días laborables, de 12-15 minutos los sábados y de 10-20 minutos los domingos y festivos. Tanto el recorrido de ida como el de vuelta requieren cada uno, de 20 minutos para completarse.

Usuarios

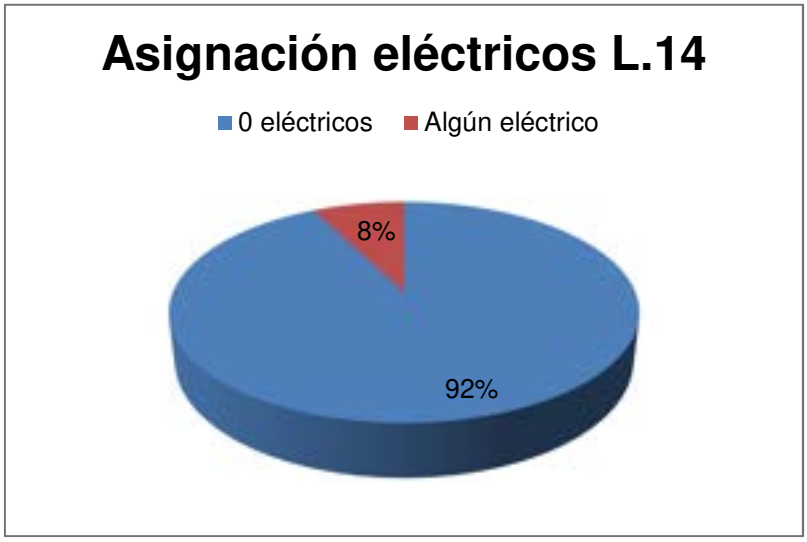
A continuación se muestra una tabla con los datos relativos al número de usuarios de la línea.

	2018
Día laborable (media)	4.082 usuarios
Sábado (media)	3.146 usuarios
Domingo/Festivo (media)	1.844 usuarios

Número de usuarios de la línea 14

Resultado autobuses eléctricos en la línea 14.

De los 991 días analizados se ha asignado al menos algún autobuses eléctrico a la línea, en 75 días. El porcentaje de asignación correspondiente a la línea 14 es del 2%.

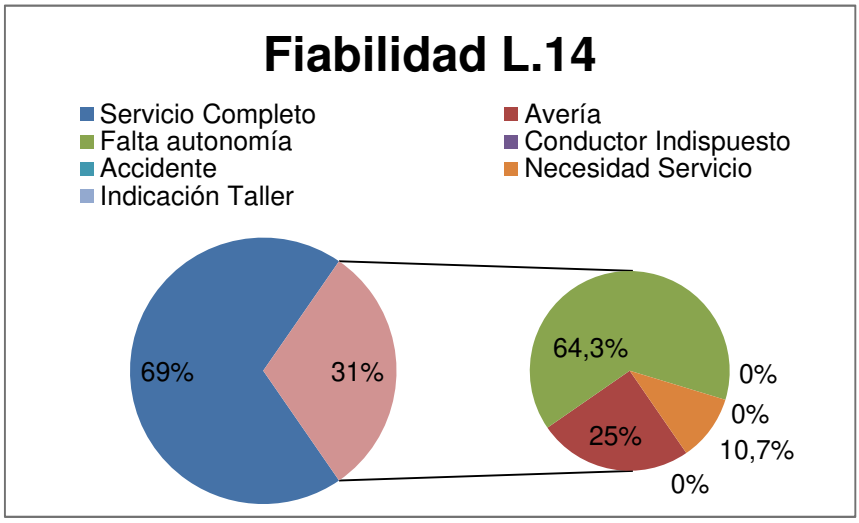


% Asignación	2

Días transcurridos	991
0 eléctricos	916
Algún eléctrico	75

Asignación de autobuses eléctricos a la línea 14

En total, se ha asignado, en el mismo periodo, un autobús eléctrico a la línea en 91 ocasiones, de las cuales 63 el autobús asignado ha completado el servicio sin incidencia alguna. Las 28 restantes el autobús ha tenido que se ha retirado, por una serie de motivos distintos cuyo detalle se recoge a continuación.



Fiabilidad de los autobuses eléctricos en la línea 14

Retirado	28
Servicio Completo	63

Motivos retirada	
Avería	7
Falta autonomía	18
Conductor Indispuesto	0
Accidente	0
Necesidad Servicio	3
Indicación Taller	0

3.2.4 Línea 41

Itinerario

La línea 41 conecta los barrios de Gros, Egia, Loiola y Martutene. Cuenta con 37 paradas y un único itinerario. La longitud de la línea, es de:

- Trayecto de ida (Groseko Anbulatorioa-Larrun Mendi): 7.215 metros.
- Trayecto de vuelta (Larrun Mendi-Groseko Anbulatorioa): 6.779 metros.

En esta línea, los autobuses operan durante 13 horas y media (en días laborables). Un recorrido completo de ida y vuelta supone 50 minutos por lo que se requieren al menos **205 kilómetros** para completar el servicio.

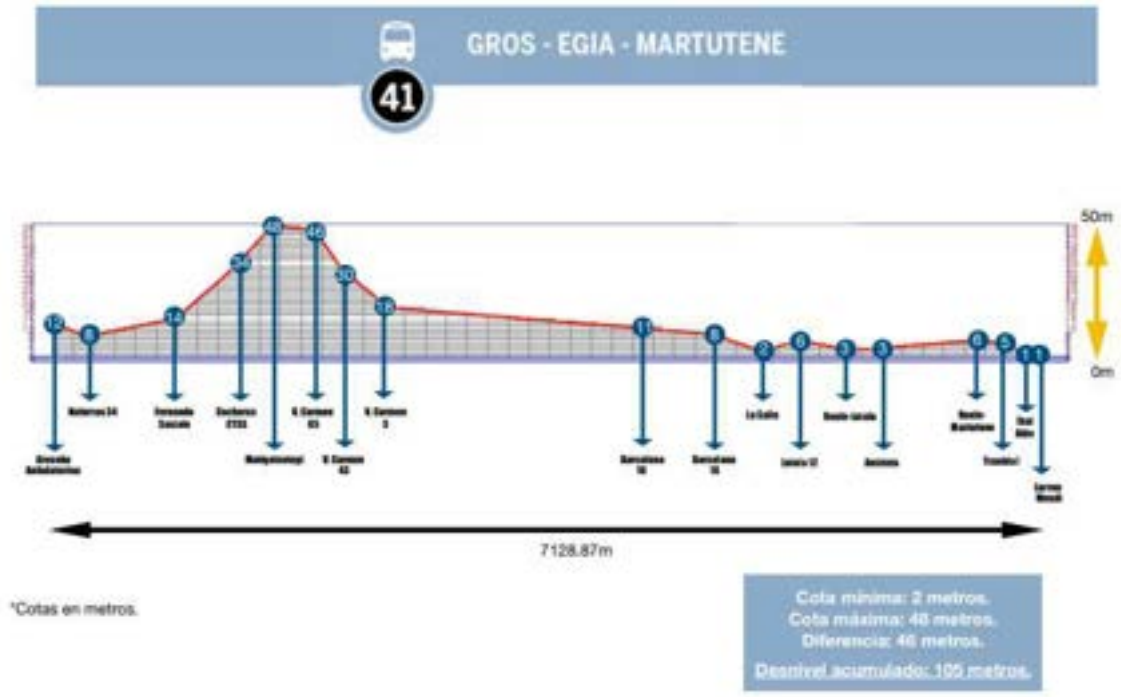
A continuación se recogen los mapas del recorrido, (en los sentidos tanto de ida como de vuelta).

Línea 41 Groseko Anb.-Larrun Mendi y Groseko Anb.-Larrun Mendi

Orografía

A continuación se recoge el perfil longitudinal del recorrido en el sentido de ida (Groseko Anbulatorioa-Larrun Mendi) elaborado a partir de una serie limitada de puntos (las paradas).

La diferencia entre la parada situada a una cota superior y la parada situada a una cota más baja, es de aproximadamente 46 metros. El perfil es llano y atraviesa zonas de cotas llanas al final del recorrido, mientras que en inicio atraviesa zonas más elevadas en el barrio de Egia.



Perfil longitudinal Línea 41. Groseko Anbulatorioa-Larrun Mendi

Horario

Los días laborables y los sábados, la ruta se opera entre las 7:45 de la mañana y 9:15 de la noche, retrasando el inicio de operación a las 8:45 de la mañana, los sábados y a las 11:05 los domingos y festivos. La frecuencia es de 30 minutos los días laborables y los sábados y de 1 hora los domingos y festivos. Tanto el recorrido de ida como el de vuelta requieren cada uno, de 25 minutos para completarse.

Usuarios

A continuación se muestra una tabla con los datos relativos al número de usuarios de la línea.

	2018
Día laborable (media)	1.035 usuarios
Sábado (media)	614 usuarios
Domingo/Festivo (media)	237 usuarios

Número de usuarios de la línea 41

Resultado autobuses eléctricos en la línea 41.

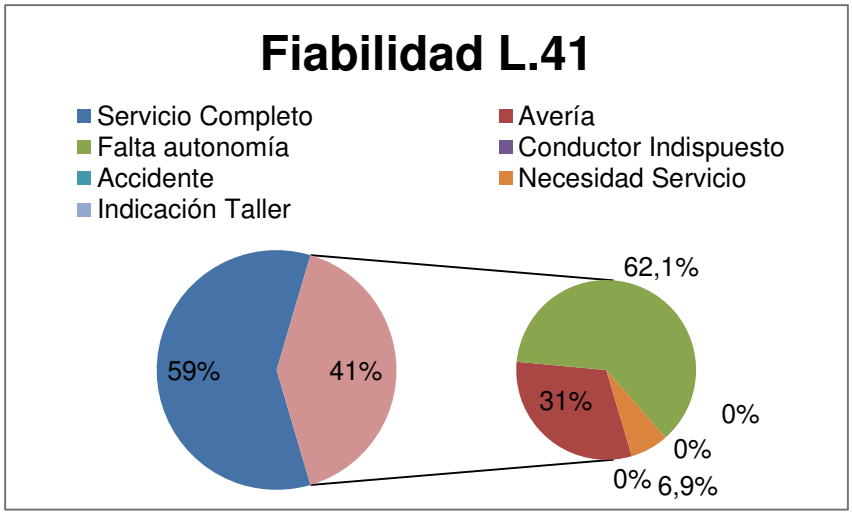
De los 991 días analizados se ha asignado al menos algún autobuses eléctrico a la línea, en 79 días. El porcentaje de asignación correspondiente a la línea 41 es del 3,9%.

% Asignación	3,944444

Días transcurridos	991
0 eléctricos	912
Algún eléctrico	79

Asignación de autobuses eléctricos a la línea 41

En total, se ha asignado, en el mismo periodo, un autobús eléctrico a la línea en 71 ocasiones, de las cuales 42 el autobús asignado ha completado el servicio sin incidencia alguna. Las 29 restantes el autobús ha tenido que se ha retirado, por una serie de motivos distintos cuyo detalle se recoge a continuación.



Fiabilidad de los autobuses eléctricos en la línea 41

Retirado	29
Servicio Completo	42

Motivos retirada	
Avería	9
Falta autonomía	18
Conductor Indispuesto	0
Accidente	0
Necesidad Servicio	2
Indicación Taller	0

3.2.5 Línea 13

Itinerario

La línea 13 es la segunda línea de autobús más utilizada en la ciudad. Conecta el centro del municipio con el barrio de Altza y dispone de dos recorridos: el principal y el secundario (por Buenavista). En total tiene 52 paradas.

La longitud de la línea, es de:

- Trayecto de ida (Boulevard- Larratxo por Casares): 8367 metros.
- Trayecto de vuelta (Larratxo-Boulevard por Casares): 6963 metros.
- Trayecto de ida (Boulevard-Larratxo por Sta. Bárbara): 7256 metros.
- Trayecto de vuelta (Larratxo-Boulevard por Sta. Bárbara): 6963 metros.

En esta línea, los autobuses operan durante 18 horas y media (en días laborables). Un recorrido completo de ida y vuelta supone 60 minutos (en cada uno de los recorridos) por lo que se requieren al menos **135 kilómetros** para completar el servicio.

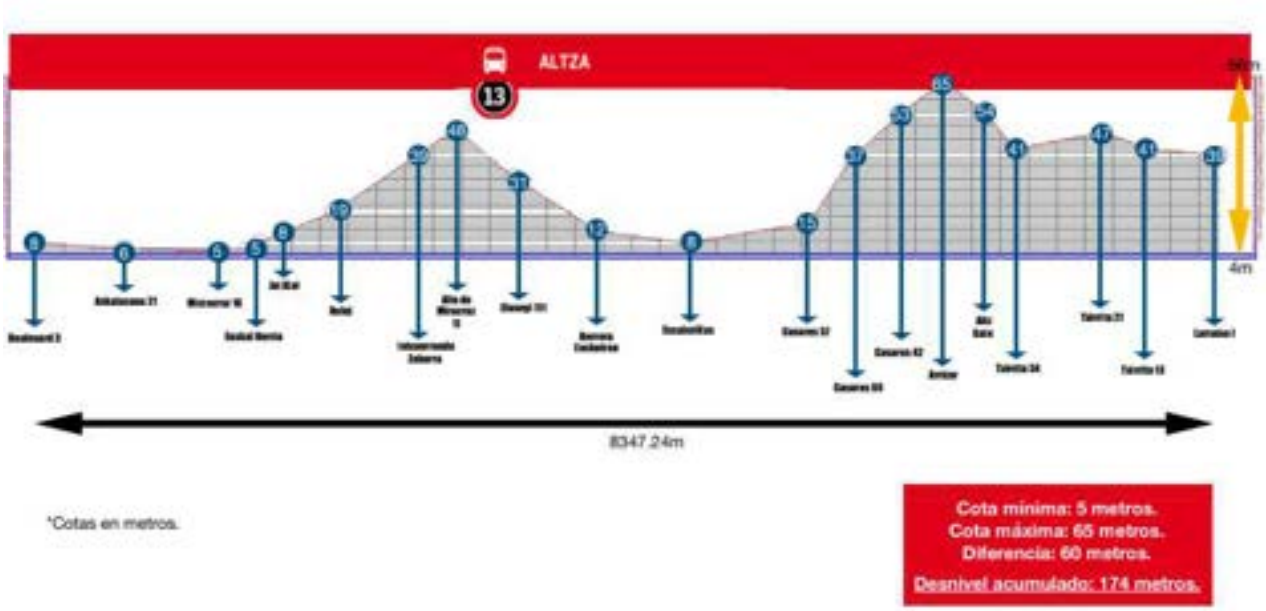
A continuación se recogen los mapas del recorrido principal, por Casares (en los sentidos tanto de ida como de vuelta).

Línea 13 Boulevard-Larratxo por Casares (y vuelta), respectivamente

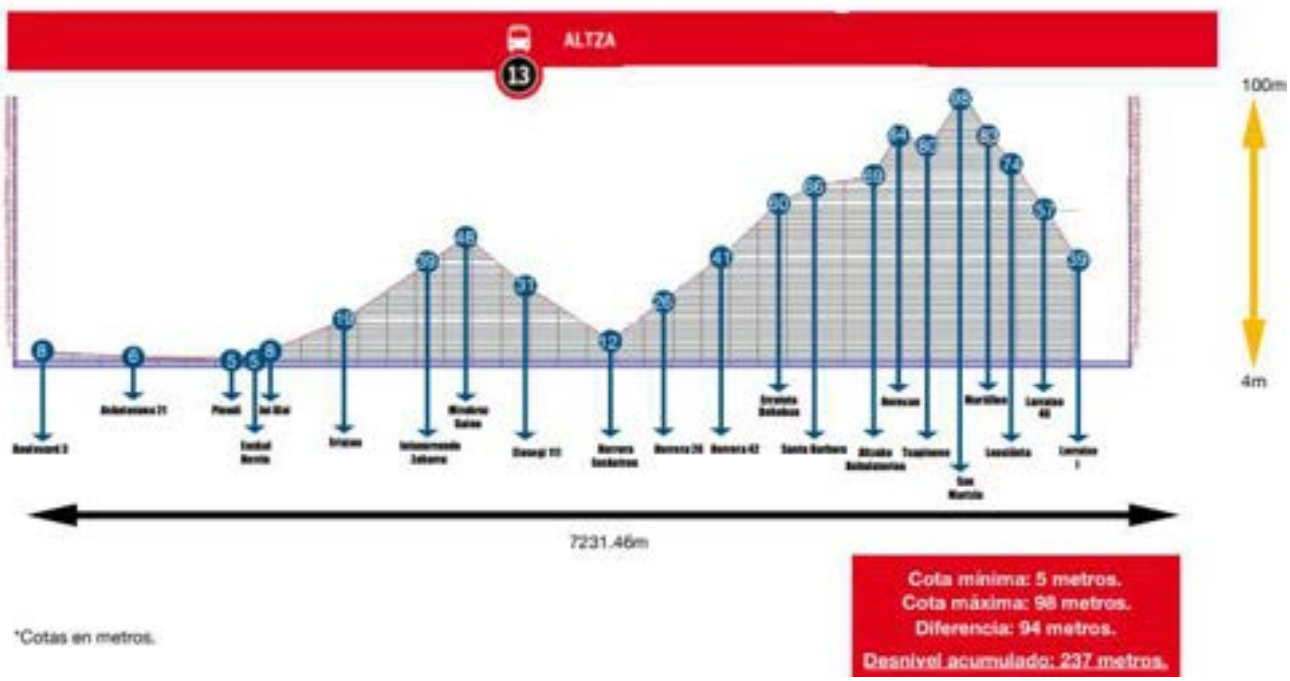
Orografía

A continuación se recogen los perfiles longitudinales de los dos recorridos (en sentido de ida) elaborados partir de una serie limitada de puntos (las paradas).

En el recorrido por Casares, la diferencia de cota entre la parada con una cota más elevada y la parada con una cota más baja es de aproximadamente, 60 metros. En el recorrido por Santa Bárbara, esta diferencia aumenta hasta los 94 metros, aproximadamente. En cualquier caso, ambos recorridos son los más exigentes, desde el punto de vista del desnivel y el perfil a atravesar, de entre todos los analizados.



Perfiles longitudinales Línea 13. Casares



Perfiles longitudinales Línea 13. Sta. Bárbara

Horario

Los días laborables y los sábados, la ruta se opera entre las 5:30 de la mañana y las 12 de la noche, retrasando el inicio de operación a las 7:36 de la mañana, los domingos y festivos. La frecuencia es de 5-10 minutos los días laborables, de 6-10 minutos los sábados y de 6-15 minutos los domingos y festivos. Tanto el recorrido de ida como el de vuelta requieren cada uno, de 30 minutos para completarse, en cualquiera de los dos recorridos.

Usuarios

A continuación se muestra una tabla con los datos relativos al número de usuarios de la línea.

	2018
Día laborable (media)	11.484 usuarios
Sábado (media)	10.130 usuarios
Domingo/Festivo (media)	6.818 usuarios

Número de usuarios de la línea 13

Resultado autobuses eléctricos en la línea 13.

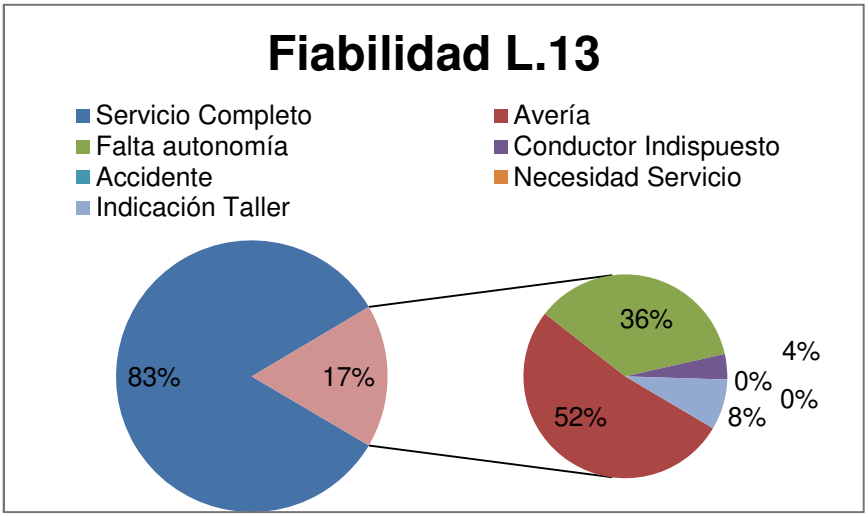
De los 991 días analizados se ha asignado al menos algún autobuses eléctrico a la línea, en 101 días. El porcentaje de asignación correspondiente a la línea 14 es del 8,2%.

% Asignación	8,16666667

Días transcurridos	991
0 eléctricos	890
Algún eléctrico	101

Asignación de autobuses eléctricos a la línea 13

En total, se ha asignado, en el mismo periodo, un autobús eléctrico a la línea en 147 ocasiones, de las cuales 122 el autobús asignado ha completado el servicio sin incidencia alguna. Las 25 restantes el autobús ha tenido que se ha retirado, por una serie de motivos distintos cuyo detalle se recoge a continuación.



Fiabilidad de los autobuses eléctricos en la línea 13

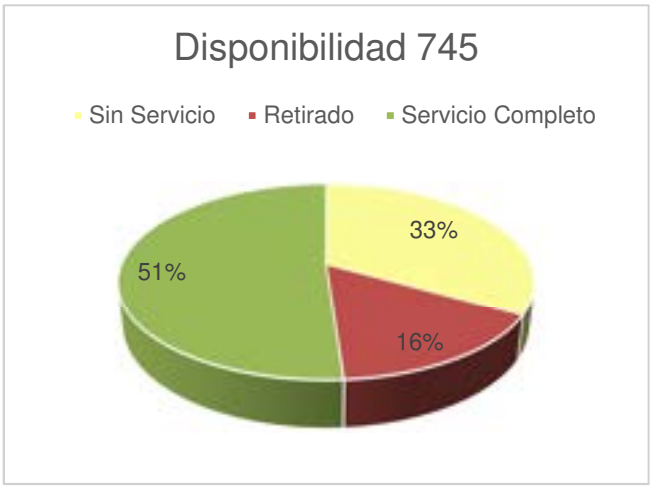
Retirado	25
Servicio Completo	122

Motivos retirada	
Avería	13
Falta autonomía	9
Conductor Indispuesto	1
Accidente	0
Necesidad Servicio	0
Indicación Taller	2

3.3 Experiencia por vehículo

3.3.1 Vehículo 745 (Irizar i2e)

El vehículo 745 ha salido a servicio en 592 días de los 991 analizados. De esos 592 días, en 453 (el 76,52%) ha completado el servicio sin incidencias. Los 139 restantes (el 23,48%) se ha dado algún tipo de incidencia. A continuación se recoge la representación gráfica de estos datos:



Disponibilidad 745		
Sin Servicio	Retirado	Servicio Completo
294	139	453

Nº de retiradas con grúa	2

Disponibilidad vehículo 745.

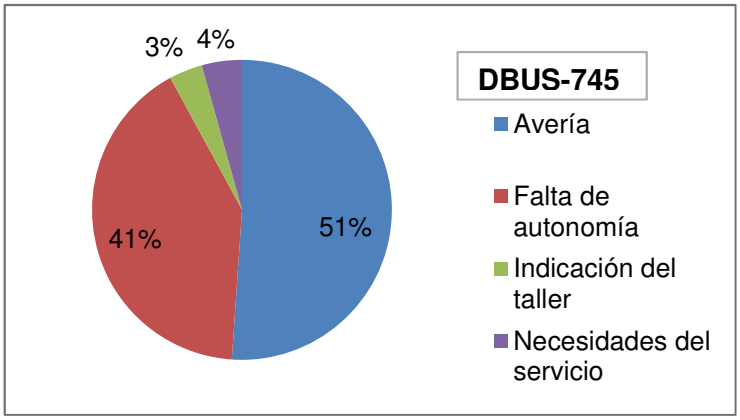
El desglose de las incidencias se puede ver a continuación

DBUS-745	Incidencias	%
Indisponible	139	
Avería	71	51,0791367
Falta de autonomía	57	41,0071942
Indicación del taller	5	3,5971223
Necesidades del servicio	6	4,31654676

Distribución de incidencias en el vehículo 745.

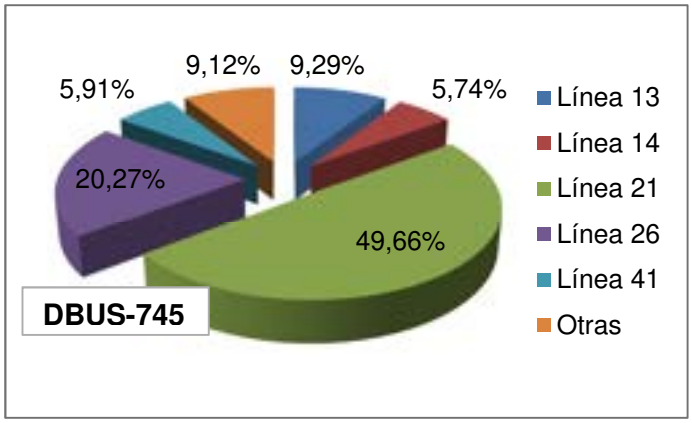
Según se desprende de la tabla anterior, la incidencia más habitual es la avería del vehículo, seguida de falta de autonomía. La suma de ambas representa un más de un 90% del total de las incidencias del vehículo, por lo que el resto de causas se consideran residuales.

La representación gráfica de las incidencias que se han dado en el vehículo durante los 991 días y su distribución se muestran en el siguiente gráfico:



Distribución de incidencias en el vehículo 745

En lo que respecta a la asignación, de líneas, realizada para el vehículo, es la siguiente:



Línea	Asignaciones	%
Línea 13	55	9,290541
Línea 14	34	5,743243
Línea 21	294	49,66216
Línea 26	120	20,27027
Línea 41	35	5,912162
Otras	54	9,121622
Total	**592**	100%

Asignación de líneas en el vehículo 745

Como se desprende del gráfico y tabla anteriores, en casi la mitad de las ocasiones la unidad se ha asignado a la línea 21. El segundo porcentaje más grande lo representa la línea 26 con un 20%. La suma de las asignaciones de las líneas 21 y 26 representa 7 de cada 10 asignaciones.

El vehículo 745, durante los 991 analizados, ha recorrido un total de **75.881 kilómetros**, siendo así la unidad que menos kilómetros ha recorrido de las tres.

3.3.2 Vehículo 746 (Irizar i2e)

El vehículo 746 ha salido a servicio en 649 días de los 991 analizados. De esos 649 días, en 495 (el 76,27%) ha completado el servicio sin incidencias. Los 154 restantes (el 23,72%) se ha dado algún tipo de incidencia. A continuación se recoge la representación gráfica de estos datos:

Disponibilidad 746		
Sin Servicio	Retirado	Servicio Completo
244	154	495

Nº de retiradas con grúa	0

Disponibilidad vehículo 746

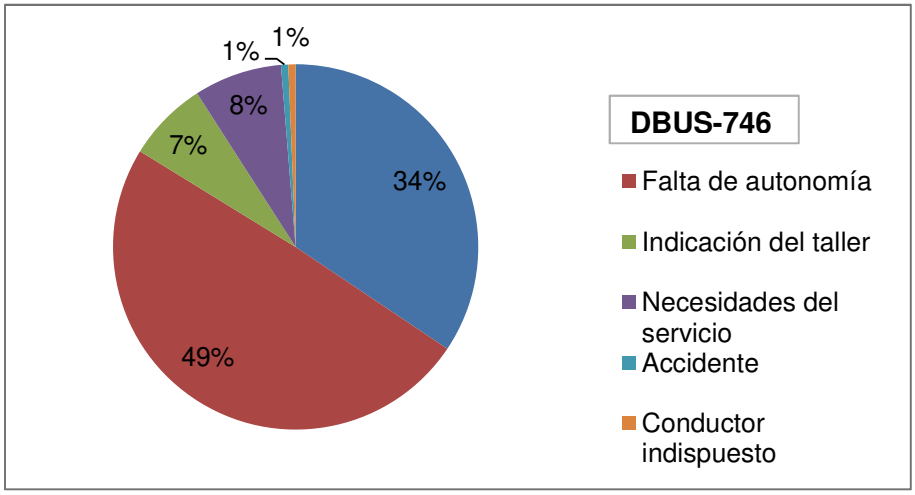
El desglose de las incidencias se puede ver a continuación:

DBUS-746	Incidencias	%
Indisponible	154	
Avería	53	34,4155844
Falta de autonomía	76	49,3506494
Indicación del taller	11	7,14285714
Necesidades del servicio	12	7,79220779
Accidente	1	0,64935065
Conductor indispuesto	1	0,64935065

Distribución de incidencias en el vehículo 746.

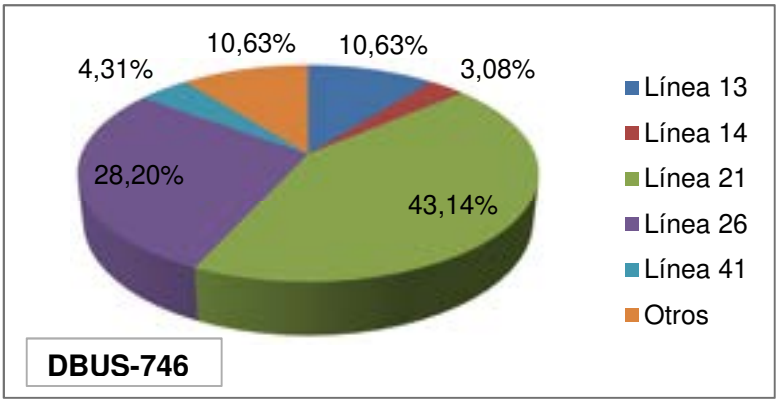
Según se desprende de la tabla anterior, la incidencia más habitual, en el caso de esta unidad es la falta de autonomía, que representa casi un 50% de las incidencias. Le sigue la avería del vehículo, con un 34%. La suma de ambas representa casi un 85% del total de las incidencias del vehículo.

La representación gráfica de las incidencias es la siguiente:



Distribución de incidencias en el vehículo 746

En lo que respecta a la asignación, de líneas, realizada para el vehículo, es la siguiente:



Líneas	Asignaciones	%
Línea 13	69	10,6317411
Línea 14	20	3,0816641
Línea 21	280	43,1432974
Línea 26	183	28,1972265
Línea 41	28	4,31432974
Otros	69	10,6317411
Total	649	100

Asignación de líneas en la unidad 746

Como se desprende del gráfico y tabla anteriores, en un 40% de las ocasiones la unidad se ha asignado a la línea 21. El segundo porcentaje más grande lo representa la línea 26 con un 28% de asignaciones. La suma de las asignaciones de las líneas 21 y 26 representa en torno a 7 de cada 10 asignaciones, al igual que en la unidad 745.

El vehículo 746, durante los 991 días analizados, ha recorrido un total de **135.467 kilómetros**, siendo así la unidad que más kilómetros ha recorrido de las tres.

3.3.3 Vehículo 747 (Irizar i2e)

El vehículo 747 ha salido a servicio en 553 días de los 991 analizados. De esos 553 días, en 419 (el 75,76%) ha completado el servicio sin incidencias. Los 134 restantes (el 24,23%) se ha dado algún tipo de incidencia. La representación gráfica de estos datos es la siguiente:

Disponibilidad 747		
Sin Servicio	Retirado	Servicio Completo
325	134	419

Nº de retiradas con grúa	0

Disponibilidad vehículo 747

El desglose de las incidencias se puede ver a continuación:

DBUS-747	Incidencias	%
Indisponible	134	
Avería	49	36,5671642
Falta de autonomía	69	51,4925373
Indicación del taller	7	5,2238806
Necesidades del servicio	5	3,73134328
Accidente	4	2,98507463

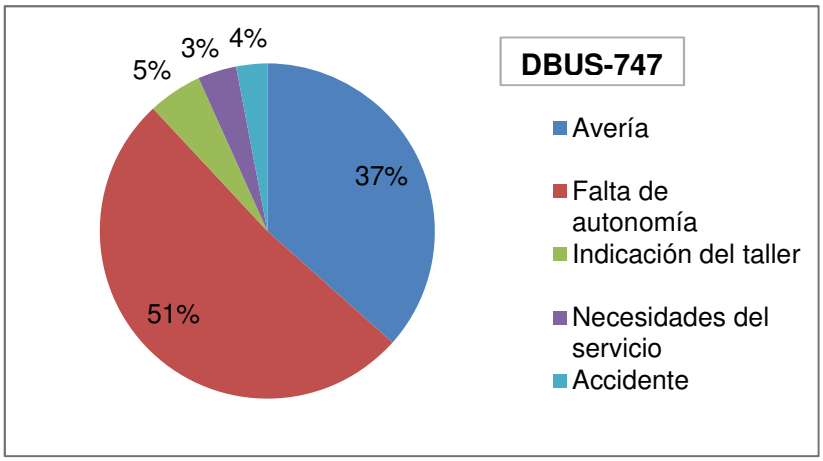
Distribución de incidencias en la unidad 747

Según se desprende de la tabla anterior, la incidencia más habitual, en el caso de esta unidad es la falta de autonomía, que representa más de un 50% de las incidencias.

El segundo tipo de incidencia más habitual es la avería del vehículo, que suponen un 36,6% del total de las incidencias registradas.

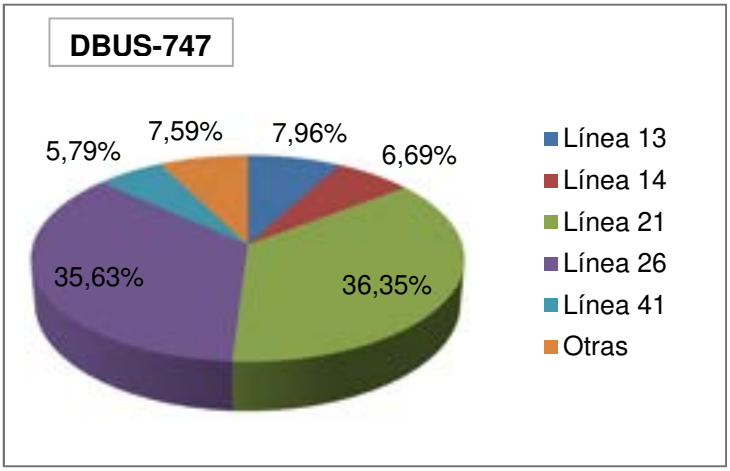
La suma de ambos tipos d incidencia (falta de autonomía y avería del vehículo) representa un 88% del total de las incidencias del vehículo, por lo que el resto de incidencias, en comparación con los dos tipos anteriores, pueden considerarse residuales. Es el vehículo que más veces se ha visto involucrado en un accidente, con 4 incidencias de este tipo frente a una única incidencia del mismo tipo en el vehículo 746 o ninguna en el vehículo 745.

La representación gráfica de las incidencias que se han dado en el vehículo durante los 991 días y su distribución se muestran en el siguiente gráfico:



Distribución de incidencias en la unidad 747.

En lo que respecta a la asignación, de líneas, realizada para el vehículo, es la siguiente:



Línea	Asignaciones	%
Línea 13	44	7,9566004
Línea 14	37	6,6907776
Línea 21	201	36,347197
Línea 26	197	35,62387
Línea 41	32	5,7866184
Otras	42	7,5949367
Total	553	100

Asignación de líneas en el vehículo 747

Como se desprende del gráfico y tabla anteriores, en un 36% de las ocasiones la unidad se ha asignado a la línea 21. El segundo porcentaje más grande lo representa la línea 26 con un 35% de asignaciones, prácticamente el mismo número de asignaciones que las realizadas a la línea 21. La suma de las asignaciones de las líneas 21 y 26 representa en torno a 7 de cada 10 asignaciones, al igual que en los vehículos 745 y 746.

El vehículo 747, durante los 991 días analizados, ha recorrido un total de **128.126 kilómetros**.

La disponibilidad media entre los 3 vehículos Irizar i2e es de un 55%.

3.3.4 Vehículo 674 (Vectia Veris.12)

Durante aproximadamente 6 meses, (septiembre del año 2018, en adelante), DBUS ha probado un autobús híbrido eléctrico modelo Veris.12 Partial Electric de 12 metros, en las líneas 9, 13 y 14 que dan servicio a los barrios de Altza, Bidebieta, Gros, Egia e Intxaurrondo.

Vectia Veris.12 Partial Electric de DBUS.

Al tratarse de la versión Partial Electric, el autobús circula tanto en modo híbrido como en modo eléctrico sin necesidad de cargas externas y sin requerir infraestructuras de carga ni en cocheras ni en la línea. Asimismo, el autobús intercambia los modos de conducción vía GPS por lo que no es necesaria la intervención del conductor. En concreto, las zonas donde ha funcionado de manera 100% eléctrica son: Centro, Gros, Altza (Harria parkea-Lauaizeta) y Bidebieta.

Los datos de consumo y kilometraje de los años 2018 y 2019, respectivamente son los siguientes:

	Kilómetros recorridos	Gasoil/año	Gasoil/100 km	Aditivo/año	Aditivo/100km
Año 2019	9.250,79	3.570,03	38,59	255,01	2,76
Año 2018	16.220,45	5.839,06	36	365,45	2,25
Media (pond.)	-	-	**36,94**	-	**2,44**
Total	**25.471,24**	**9409,09**	-	**620,46**	-

Kilometraje y consumo de la unidad 674 en los años 2018 /2019.

El orden de magnitud del consumo de gasoil en un vehículo diésel se ubica entre los 40 y los 50 litros de por cada 100 kilómetros. Considerando un valor de 50 litros para un vehículo convencional la unidad 674 presenta una reducción en el consumo de gasoil del 26,12%.

Durante los meses de prueba no se ha producido ninguna incidencia o problema, si bien cabe destacar la posibilidad de evolucionar hacia una tracción 100% eléctrica en la versión “Full Charge”.

3.4 Principales factores condicionantes del rendimiento y su influencia

3.4.1 Características de la línea

Las características de la línea, especialmente la longitud de los recorridos (que marca el número de kilómetros a realizar en un día para un autobús en esa línea), y el perfil longitudinal de la misma determinan su mayor o menor grado de exigencia para ser operada mediante autobuses eléctricos.

A continuación, se recoge una comparativa entre las distintas líneas analizadas:

Línea	Km/bus/día	Dif. puntos alto-bajo (m)	Desnivel acumulado (m)
Línea 13	135	60-94	174-237
Línea 14	170	44	92
Línea 21	150	2	5
Línea 26	230	10-11	29-31
Línea 41	205	48	105

Características de longitud y perfil de las líneas 13, 14, 21, 26 y 41

De la tabla anterior se desprende que la línea 21 es la más favorable para su operación con autobuses eléctricos, dado que es llana a lo largo de todo el recorrido y los kilómetros que un bus debe realizar asignado en esa línea, en un día completo de operación, presenta un valor moderado (sin ser el menor). Por lo tanto, teniendo en cuenta las características de la línea (longitud y perfil longitudinal/desnivel) la línea 21 que conecta las zonas de Centro y Amara, es idónea para su operación con autobuses eléctricos, dada su baja exigencia teniendo en cuenta estos factores.

La línea más desfavorable entre las analizadas, teniendo en cuenta los mismos elementos, es la línea 13. A pesar de ser la menos exigente en cuanto a número de kilómetros, presenta en sus dos recorridos unas condiciones exigentes, puesto que tal y como muestran los perfiles longitudinales de ambos recorridos, en los dos, la línea atraviesa zonas llanas y zonas altas, llegando a cifras de desnivel acumulado superiores a los 200 metros en su recorrido más exigente.

Las características de la línea tienen una influencia clara y directa sobre el consumo realizado por el autobús y por tanto en el rendimiento de los autobuses eléctricos. La evidencia de esto es que en la línea 21 se han dado únicamente 33 incidencias de falta de autonomía en 991 días frente a las 142 incidencias del mismo tipo en la línea 26, que por sus características, es una línea más exigente que la anterior.

3.4.2 Fiabilidad del vehículo

En relación a las averías producidas en los autobuses eléctricos durante los 991 días analizados, el resumen de las mismas es el siguiente:

Vehículo	Averías	% respecto del total de incid.	Km recorridos	Averías/km
745	71	51,0791367%	75.881	0,09356755973
746	53	34,4155844%	135.467	0,03912391947
747	49	36,5671641%	128.126	0,03824360395

Averías en los vehículos 745,746 y 747

De la tabla anterior se desprende que el vehículo menos fiable desde el punto de vista técnico, durante el período analizado, ha sido el vehículo 745. Añadiendo al análisis la asignación de líneas, se observa que el vehículo 745 es el que menos veces se ha asignado a la línea 21 y la que más veces se ha asignado al resto de las líneas, cuyas características son más exigentes que las de la línea 21, como se ha visto anteriormente. También cabe resaltar que, el vehículo 745 es el que menos kilómetros ha realizado, de entre las 3 unidades analizadas, con 75.881 kilómetros recorridos frente a los 135.467 kilómetros del vehículo 746 o los 128.126 del vehículo 747.

La influencia e importancia de la fiabilidad del vehículo es evidente. Los vehículos 745, 746 y 747 suman en total 173 averías en los 991 días analizados. En la práctica, una avería supone la retirada del servicio del vehículo, en ocasiones durante varios días hasta que dicha avería queda solventada y el vehículo operativo nuevamente. Al no poder operar el vehículo mientras no se solvente la avería y, por tanto, no poder asignar el vehículo a ninguna línea, el vehículo queda inutilizado y a la necesidad de repararlo se suma la necesidad de sustituirlo por otro vehículo que sí esté operativo y pueda prestar el servicio. Por lo tanto, las incidencias técnicas deben reducirse lo máximo posible, a través de mantenimiento preventivo, comunicación fluida interna dentro de la propia empresa y externa con los fabricantes/proveedores...

En el caso de los vehículos eléctricos **existe margen de mejora en el sentido de aumentar su fiabilidad técnica y en consecuencia mejorar su rendimiento.** Las unidades 746 y 747 presentan una tasa de avería por cada 100 kilómetros similar. Sin embargo el vehículo 745 presenta una tasa de averías superior. Si bien es cierto que la asignación de las líneas en el vehículo 745 ha sido diferente y más exigente en esta unidad, un estudio en colaboración con el fabricante del vehículo puede resultar de interés para identificar posibles las causas del peor rendimiento en esta unidad y las posibles áreas de mejora en la fiabilidad del vehículo.

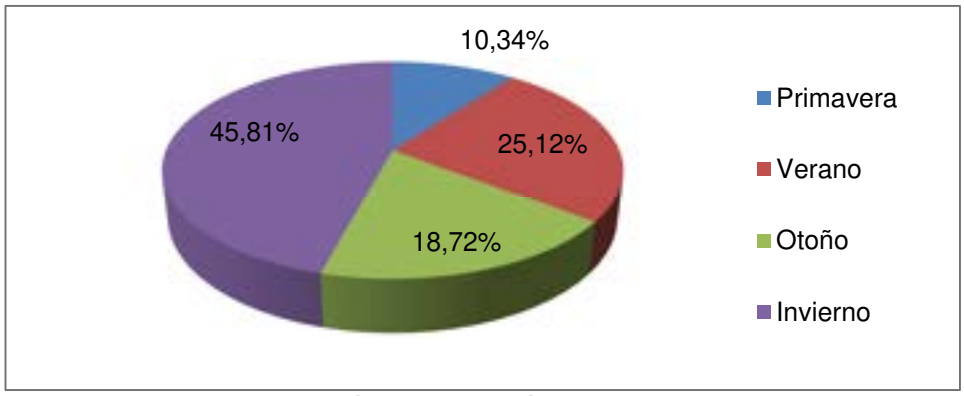
3.4.3 Clima

En los 991 días se han clasificado 203 incidencias de falta de autonomía. Clasificando las 203 incidencias de este tipo según la estación del año en el que se producen, el resultado es el siguiente:

TOTAL	Incidencias	Tª media	%
Primavera	21	15,77583333	10,3448276
Verano	51	21,23977743	25,1231527
Otoño	38	11,59181698	18,7192118
Invierno	93	7,759141973	45,8128079
Total	203	-	-

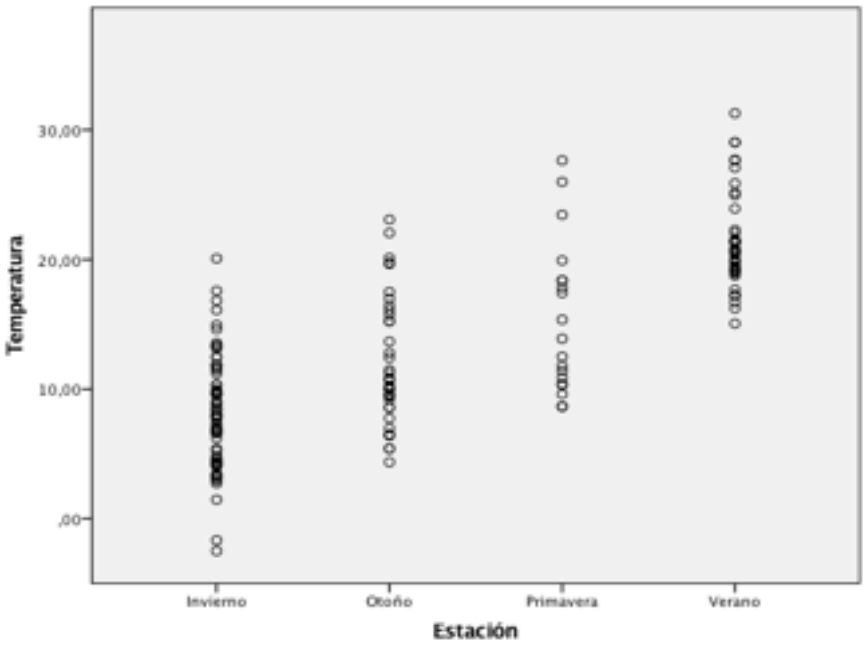
Falta de autonomía. Clasificación por estaciones del año

En base a la tabla anterior, se puede concluir que casi la mitad de las incidencias de este tipo se producen en invierno. El segundo porcentaje más elevado es el representado por la estación de verano, con un porcentaje superior al 25%. La suma de las dos estaciones con temperaturas más extremas engloba más del 70% de las incidencias de falta de autonomía. Asimismo, se ha calculado la temperatura media de los días en los que se ha producido este tipo de incidencia. El cálculo de la temperatura media se ha obtenido corrigiendo la temperatura máxima multiplicándola con un factor de 1,1 y calculando la media entre la temperatura máxima corregida y la temperatura mínima. El objeto de esta corrección es ajustar el abanico de temperaturas al horario de operación real de los autobuses, puesto que lo habitual es que la temperatura mínima se dé por la noche, cuando no hay pocos o ningún autobús en circulación. Se puede observar, que la temperatura media de los días con incidencia de falta de autonomía en verano e invierno es de 21 grados y 7 grados centígrados, respectivamente, lo que da una idea de los rangos en los cuales el consumo energético de los autobuses eléctricos aumenta, disminuyendo su eficiencia y aumentando la probabilidad de experimentar una incidencia de falta de autonomía. A continuación se recoge, en un gráfico, la distribución por estaciones de las incidencias de falta de autonomía.



Falta de autonomía. Clasificación por estaciones del año

Si se recoge en un gráfico las temperaturas medias de cada día que se dio una incidencia de falta de autonomía, el resultado es el siguiente:



Temperatura cada día que se dio una falta de autonomía

A continuación se agrupan mediante diagramas de cajas las distintas incidencias, para identificar la mediana en cada estación y los cuartiles (distribución y dispersión de las incidencias):

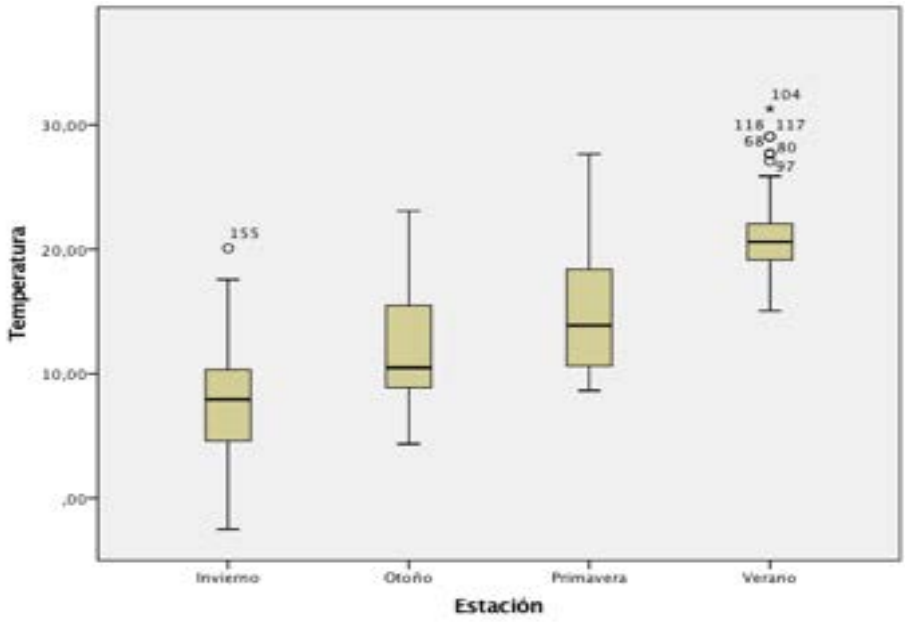


Diagrama de cajas. Temperatura/Estación.

Del gráfico anterior se extrae que en invierno el 75% de las incidencias de falta de autonomía se produjo en aquellos días en los que la temperatura media fue inferior a 10 grados, mientras que en verano, más del 75% de las incidencias se dio en aquellos días en los que la temperatura media se situó por encima de los 19 grados. Por lo tanto, **los valores de temperatura media (corregida) críticos, a partir de los cuales el consumo energético de los autobuses eléctricos aumenta, y por tanto lo hacen también las probabilidades de que se dé una incidencia de falta de autonomía, son, aproximadamente 10 grados centígrados (valores críticos son todos aquellos situados por debajo de ese umbral) y 18 grados (valores críticos son todos aquellos situados por encima de ese umbral).**

En otoño, el 50% de las incidencias de falta de autonomía se ha produce cuando la temperatura es más baja que la media de la estación. En el caso de la primavera, el rango de temperaturas es medio, por lo que no existe a priori una relación directa entre la temperatura de estas incidencias y su existencia. Esta no-relación es coherente con el hecho de que las incidencias de falta de autonomía que tienen lugar durante esta estación del año son únicamente un 10%. Al no darse temperaturas extremas, no se observa que las incidencias producidas en esta estación se deban a temperaturas bajas/altas, sino a otros factores.

Considerando las medianas (variable de posición central) y las desviaciones estándar, obtenemos el rango de temperaturas óptimo. Para ello consideramos el rango inferior en verano y el rango superior en invierno, puesto que ambas estaciones concentran 70% de las incidencias de falta de autonomía.

	Mediana	Desviación estándar	Rango superior	Rango inferior
Primavera	13,89	5,82651	19,71651	8,06349
Verano	20,5975	3,63150	-	16,966
Otoño	10,4750	4,80221	15,27721	5,67279
Invierno	7,9350	4,22998	12,16498	-

Mediana y desviación estándar. Falta de autonomía

En conclusión, el rango de temperaturas medias óptimo para la explotación de los autobuses 100% eléctricos, según la experiencia recogida los 991 días, se sitúa entre los: 12,16498 y los 16,966 grados centígrados. Fuera de ese rango, se concentran la mayoría de las incidencias de falta de autonomía registradas.

3.4.4 Grado de ocupación del vehículo

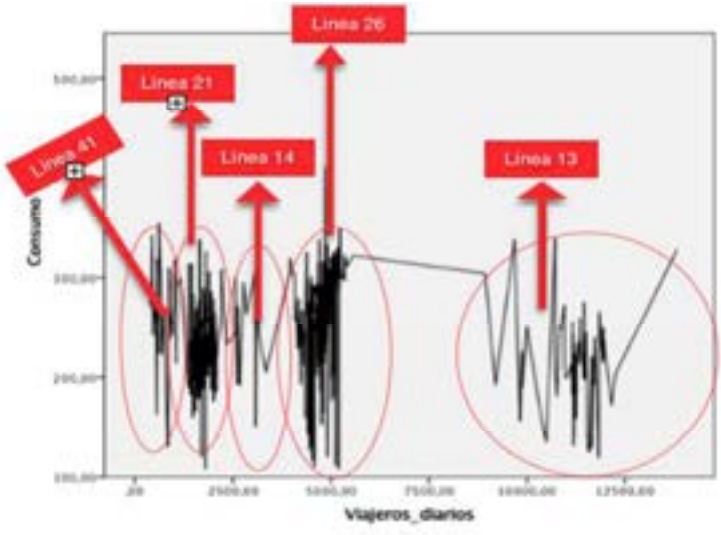
Tomando como referencia los indicadores de viajeros del año 2018, las ocupaciones medias de cada una de las 5 líneas analizadas (en días laborables, en sábados y en festivos) es la siguiente:

	Laborables	Sábados	Festivos	Total
Línea 13	11.484 viaj.	10.130 viaj.	6.818 viaj.	313.262 viaj.
Línea 14	4.082 viaj.	3.146 viaj.	1.844 viaj.	104.895 viaj.
Línea 21	1.819 viaj.	1.807 viaj.	760 viaj.	47.876 viaj.
Línea 26	4.093 viaj.	4.804 viaj.	2.486 viaj.	132.252 viaj.
Línea 41	1.035 viaj.	614 viaj.	237 viaj.	24.019 viaj.

Indicadores de viajeros. Año 2018

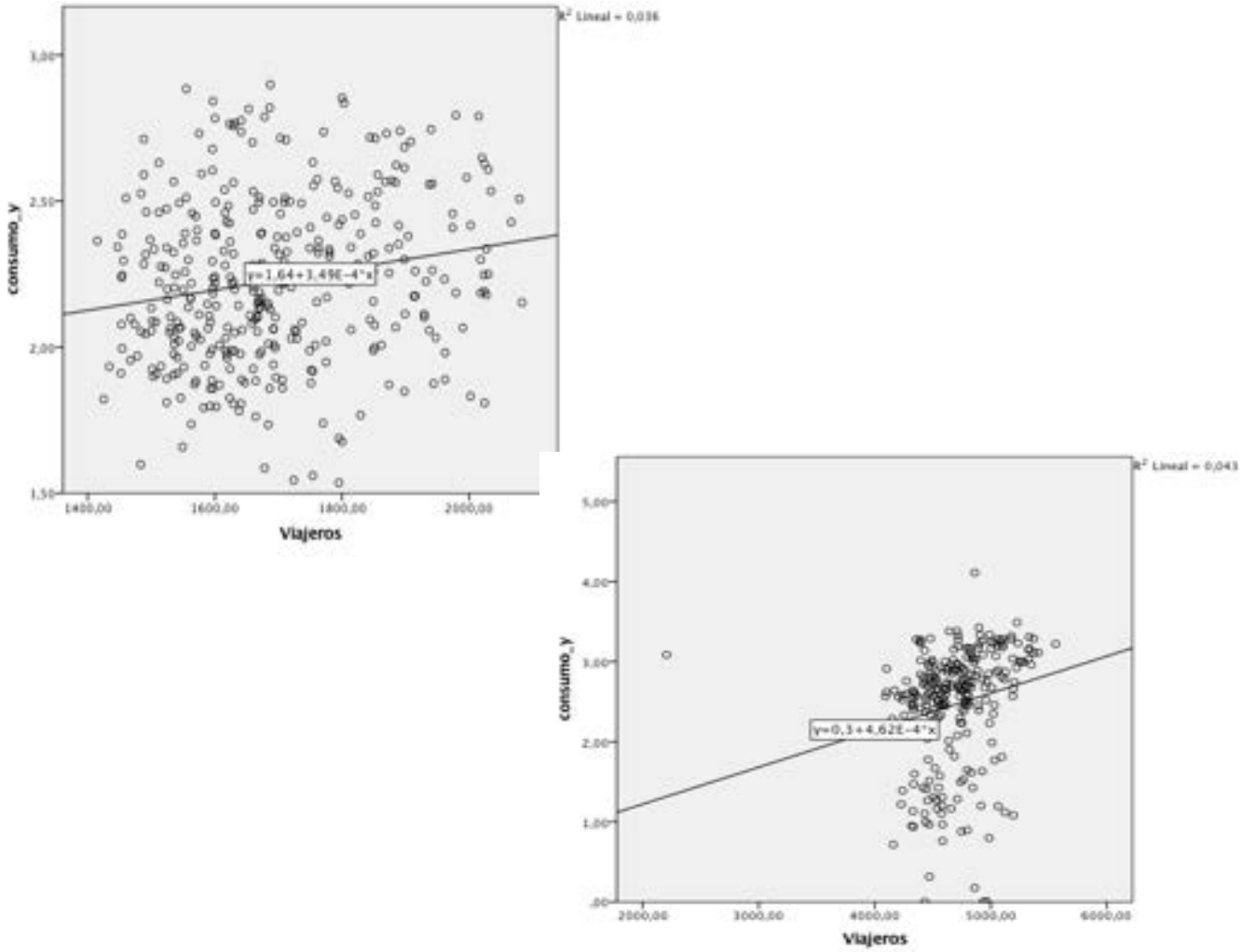
La línea más exigente, considerando el número de viajeros de cada línea, es la línea 13. La línea que menos viajeros transporta, de entre las 5 líneas consideradas y por lo tanto la menos exigente teniendo este factor en cuenta, es la línea 41, seguida de la línea 21. Cabe recordar en este punto, que teniendo en cuenta las características de la línea, la más favorable para su explotación con autobús eléctrico, se concluyó anteriormente que era la línea 21, y la más desfavorable la 13. Añadiendo al análisis el número de viajeros, se observa que la línea 13 nuevamente es la más desfavorable, mientras que la línea 21, a priori, es favorable, en cuanto al número de viajeros que transporta para ser operada mediante bus eléctrico (si bien la línea 41 transporta menos viajeros).

A continuación se recoge la representación de los consumos diarios con respecto al número de viajeros diario en cada línea:



Consumo/viajeros diarios en cada línea

El gráfico anterior demuestra que no hay una relación directa ni determinante entre ambos factores, ya que todas las líneas se mueven en rangos similares de consumo a pesar de que el número de viajeros varía enormemente entre ellas. En todo caso, el análisis debería realizarse línea por línea. Seleccionando la línea 21 y la 26, por ser de las que más registros hay, y realizando una regresión lineal con los datos registrados, el resultado es el siguiente:



Regresión lineal consumo/viajeros. Líneas 21 (izq.) y 26 (dcha.)

Los modelos obtenidos (ligeramente más robusto en el caso de la línea 26) demuestran que **hay una relación mínima entre el número de viajeros y el consumo, siendo esta relación directamente proporcional. Sin embargo, la relación es tan pequeña (modelos de regresión lineal muy poco robustos) que un análisis desagregado que únicamente tenga en cuenta este factor, carece de sentido**. Otros factores como las características de la ruta, el clima, el estilo de conducción… tienen mayor influencia. El número de viajeros no registra variaciones lo suficientemente significativas como para tener un impacto real sobre el consumo.

3.4.5 Consumo

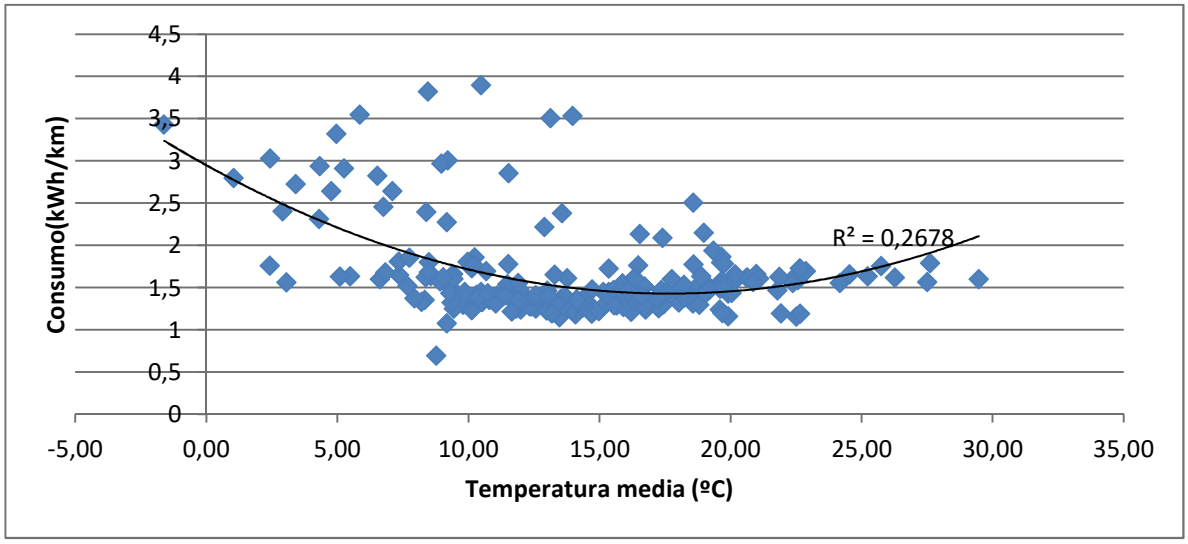
El resumen de los datos de consumo y su relación con el número de kilómetros recorridos por los vehículos en cuestión, para el año 2018, es el siguiente:

Vehículo	Consumo (Energía)	Kilómetros recorridos	E/100Km
745	58.651,380	30.162,02	194,454
746	55.587,7045	35.050,08	158,595
747	52.836,702	32.684,02	161,659
TOTAL	97.896,12	157.342,66	160,724

Consumo vehículos 745, 746 y 747. Año 2018

Al igual que en el análisis de las averías de cada vehículo, el autobús peor parado en el caso del análisis del consumo, vuelve a ser el vehículo 745.

Asimismo, en los meses en los que el sistema de climatización se utiliza más intensamente, el consumo es mayor. La representación adjuntada a continuación recoge la relación entre ambas variables:



Regresión cuadrática consumo/temperatura

A pesar de que la regresión obtenida no es robusta, sí se observa que **cuando las temperaturas alcanzan valores extremos (y se usa con más intensidad los sistemas de climatización), el consumo aumenta, mientras que en los valores centrales, el consumo es más moderado**. Puesto que la ciudad se encuentra en una zona de clima frío, las temperaturas bajas son más habituales que las altas, lo cual se refleja también en el gráfico anterior. Además, también se aprecia un mayor impacto sobre el consumo por parte de las temperaturas más bajas frente al impacto que causan las temperaturas más elevadas.

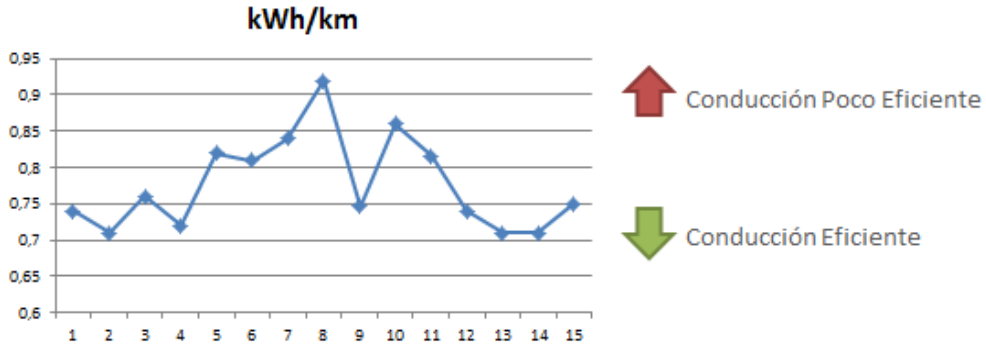
3.4.6 Estilo de conducción

En los datos recopilados se aprecia una diferencia de hasta 0,88kWh/km entre el conductor más eficiente y el menos eficiente, en circunstancias similares. Esto dificulta poder predecir con exactitud el consumo que un vehículo va a requerir, puesto que depende de la eficiencia del conductor.

Además, como se ha visto anteriormente, el uso del sistema de climatización tiene un efecto muy considerable sobre el consumo energético del vehículo, por lo que una gestión eficiente y adecuada del mismo resulta fundamental. Bajo condiciones de temperaturas elevadas o bajas, las necesidades de uso del sistema de climatización aumentan, y esto aumenta de igual manera, obviamente, el consumo de la batería. Es por ello, que el uso del sistema de climatización debe optimizarse de tal modo que se utilice tan solo cuando sea estrictamente necesario.

De igual manera, en la experiencia de utilización de los autobuses eléctricos de DBUS, se ha observado que el sistema vaho permanecía activado durante largos periodos, con el impacto que su utilización tiene sobre el consumo. Para evitar este problema y en colaboración con el fabricante se ha desarrollado e implementado de un nuevo sistema de calentamiento de agua y de desactivación durante 5 minutos del desempañador, bajo demanda.

Para mejorar los estilos de conducción de tal manera que se aumente al máximo posible la eficiencia de los vehículos eléctricos, es necesario impartir formación a los conductores. La formación tanto en estrategias de conducción como en ahorro de energía durante el servicio, así como la formación en el uso de nuevas funcionalidades (EcoMode, luces de mantenimiento y EcoAssist) es la principal manera de garantizar una mayor eficiencia de estos vehículos, al menos mientras la tecnología no mejore sustancialmente.



Diferencia en el consumo según tipo de conducción.

3.5 Resultados en San Sebastián

3.5.1 Operación en Cocheras DBUS

De lunes a viernes, todos los vehículos (incluidos aquellos que no hayan estado operativos) pasan por la cadena de limpieza/repostaje. Entre las 19 y las 21:45, dos personas se dedican a realizar estas tareas, con una tasa de aproximadamente 16 buses a la hora. A partir de las 21:45 de la tarde, se unen otras dos personas, como refuerzo, ya que es en este momento cuando un gran número de vehículos regresan a las cocheras. A partir de las 23 vuelve a haber dos personas dedicadas a estas funciones. Entre las 22 y las 23 de la noche, es mayor el volumen de vehículos esperando a ser atendidos que la capacidad para atenderlos, por lo que un número determinado de vehículos debe ubicarse en las inmediaciones de las instalaciones de DBUS, sin entorpecer el resto del tráfico, para esperar. Esto también afecta a los autobuses eléctricos, que aunque no precisan de repostaje, si deben limpiarse. Puesto que el tiempo es un factor fundamental del proceso de carga, tener un vehículo eléctrico parado y perdiendo tiempo supone un gran problema. La solución adoptada para hacer frente a este problema es priorizar este tipo de vehículos para que se puedan limpiar tan pronto como sea posible. Aun así, los vehículos eléctricos llegan aproximadamente al punto de carga a las 23:30 de la noche, lo cual se traduce en un tiempo máximo de carga de 7 horas hasta las 6:30 de la mañana del día siguiente, cuando comienza, a prestar servicio, nuevamente. La experiencia recopilada demuestra que este periodo no es suficiente para una carga completa si el vehículo eléctrico llega vacío a las cocheras (SOC<10%).

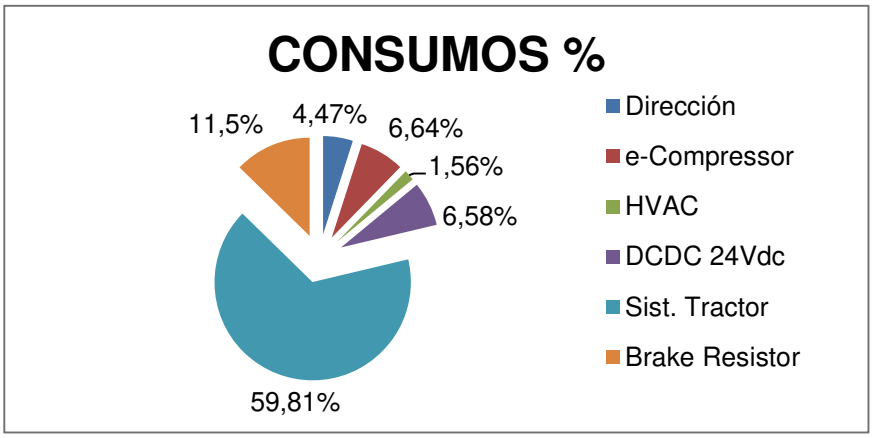
Una vez enchufados los vehículos, las baterías tipo ZEBRA (Na-Ni), en ocasiones, requieren de un adaptador de corriente alterna adicional, para que la propia batería logre alcanzar la temperatura de operación óptima. Esto puede suponer un problema si la comunicación entre el director técnico y la persona responsable por la noche no es todo lo fluida que debería (Especialmente con sustitutos temporales).

Además, no existen avisos visuales para informar de posibles problemas en el proceso de carga, por lo que cualquier incidencia, en este sentido, se detecta por la mañana, cuando ya es demasiado tarde para solventarlo (lo cual añade incertidumbre a la operativa de estos vehículos).

3.5.2 Lecciones extraídas y medidas adoptadas para mejorar la eficiencia

Colaboración con Irizar

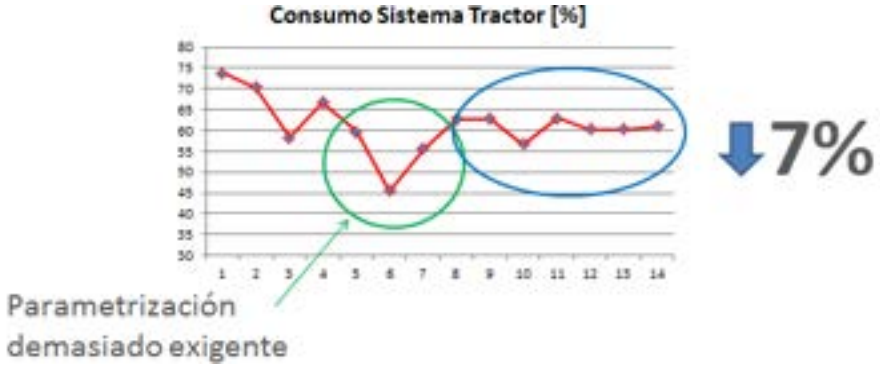
DBUS ha permanecido en permanente contacto con el fabricante de los vehículos eléctricos (Irizar). La información proporcionada por DBUS a Irizar, acerca de los fallos más habituales y las condiciones bajo las cuales la operación ha sido menos eficiente, es de gran interés para el fabricante, que además ha decidido por su parte proceder a instalar equipamiento de toma de datos y analizarlo posteriormente. El objetivo de este análisis es obtener una distribución detallada del consumo energético, siendo el resultado obtenido el mostrado a continuación:



Distribución del consumo de energía

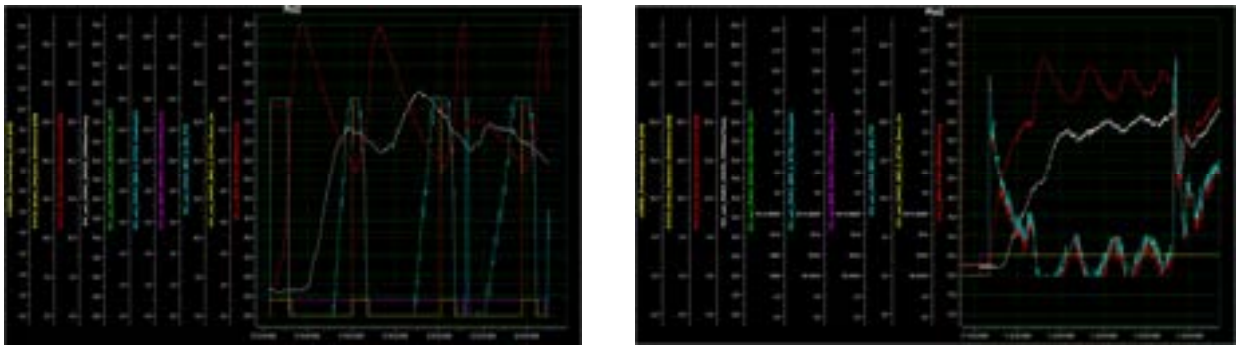
Plan de acción

- Sistema tractor: definición de una serie de parámetros para optimizar el consumo energético.



Consumo del sistema de tracción

- HVAC (sistema equipo Clima): desarrollo e implementación de un nuevo sistema de control para optimizar su funcionamiento.
- UCC (sistema Anti-vaho): desarrollo e implementación de un nuevo sistema de calentamiento de agua y de desactivación durante 5 minutos del desempañador, bajo demanda.



Control PID calentamiento de agua. Antes (izq.) y después (dcha.)

- Sistema de almacenamiento: reducción de los tiempos de carga en colaboración con FIAMM.

- Formación de conductores: formación en estrategias de conducción y ahorro de energía durante el servicio y uso de nuevas funcionalidades (EcoMode, luces de mantenimiento y EcoAssist).

- Optimización de sistemas auxiliares, como por ejemplo, nueva gestión de control de la bomba de dirección.

Futuras líneas de trabajo

a) Optimización de los procesos de carga.

Para prosperar y ser técnicamente viable, un autobús eléctrico debe ser capaz de recargar la batería al completo en 7 horas o menos. Los horarios de operación son los mismos que para un bus diésel, que no tienen una limitación de 7 horas para ser repostados. Por lo tanto, de cara a poder competir en cuanto a eficiencia y operabilidad, con los vehículos diésel, el proceso de carga es un elemento clave.

En este sentido, resulta de interés, desarrollar e implementar un sistema **SCADA** (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) que supervise el conjunto del proceso de manera automática y sea capaz de detectar e informar de cualquier incidencia o problema, tan pronto como se produzca. Este sistema contribuiría a que los procesos de carga se realicen adecuadamente y cargue los vehículos al 100% ya que como se ha visto anteriormente, es un hecho es crítico para garantizar la autonomía necesaria al vehículo durante su jornada de trabajo.

Además de lo anterior, la experiencia de DBUS se basa en únicamente 3 autobuses, por lo que enchufar y desenchufar los vehículos no supone un reto en términos de tiempo y de medios materiales o humanos. No obstante, con un número de vehículos eléctricos mayor, sería recomendable desarrollar un sistema más rápido y eficiente de conectar los vehículos a la red, como por ejemplo, mediante pantógrafos, que permitan que sea el

propio conductor quien pueda aparcar el vehículo y conectarlo a la red de manera rápida y sin requerir personal adicional.

b) Sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS).

Los sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS) son sistemas cuya función es automatizar, adaptar o mejorar los sistemas de los vehículos para mejorar su seguridad y optimizar su conducción. Algunas funcionalidades en materia de seguridad, incluyen por ejemplo, los sistemas de detección de objetos/personas para evitar accidentes o atropellos. Ejemplos de funciones adaptativas son el control automático de la iluminación, de frenado, de estabilización, sistemas de alerta al conductor acerca de otros vehículos o peligros en la carretera, sistemas de detección de carril para asegurar que el vehículo permanece dentro de los márgenes del mismo, etc.

En este sentido, Datik ha incorporado sistemas avanzados de asistencia al conductor en la flota diesel y en colaboración con DBUS se está trabajando actualmente en sistemas de este tipo extensibles a toda la flota. Para el uso de estos elementos se aplican tecnologías de inteligencia artificial, así como sensores para la recogida de datos.

Analizar el estilo de conducción de los conductores es útil para identificar puntos de mejora. En este punto se incluyen las alertas por frenar o acelerar bruscamente, un número elevado de RPM o una velocidad excesiva, entre otros. Puesto que la tecnología de las baterías aún está en desarrollo, optimizar el estilo de conducción es una de las principales líneas de actuación en aras de aumentar el rango del vehículo y su eficiencia.

Ejemplo de sistema avanzado de asistencia al conductor de Datik

c) Mejora en las baterías.

Como se ha mencionado anteriormente, las baterías son aún una tecnología en desarrollo y con un gran margen de mejora en cuanto a sus prestaciones. La principal limitación es la capacidad, que condiciona claramente el alcance del vehículo. Baterías más ligeras, más seguras, o menos vulnerables a factores externos como el clima son las principales líneas de actuación en las que los fabricantes están trabajando.

Actualmente Irizar instala en el i2e una batería de Ion-Litio (óxido de titanato de litio, LTO) en lugar de la Na-Ni con la que cuentan los tres modelos introducidos en DBUS. Las características de esta nueva batería de Ion-Litio, según el fabricante (y por tanto teóricas), son las siguientes:

Carga en cocheras:

- Energía instalada: 375kWh (en función de las necesidades del cliente).
- 100kW.
- 3/4h

Carga de oportunidad:

- 90kWh (en función de las necesidades del cliente).
- Potencia: 500kW.
- Tiempo de carga: 5 minutos.

d) Enchufado automático + Punto de carga Inteligente (Smart Charging Unit).

Contar con cargadores que se enchufan y desenchufan de manera autónoma ayudaría a maximizar los tiempos de carga, ya que permitiría que cada minuto que un vehículo eléctrico permanezca en las cocheras, esté siendo cargado.

Además, las baterías tipo ZEBRA en ocasiones se enfrían y requieren de una conexión de corriente alterna para recuperar su temperatura de trabajo. Esto supone un problema porque la temperatura de la batería no se monitoriza de manera constante, lo cual provoca que en muchas ocasiones este problema se detecte cuando se observa que la carga no se está realizando de la manera esperada. Cuando esto ocurre, se llama a los técnicos de Irizar para que confirmen que las baterías se han enfriado y posteriormente se avisa al responsable del taller para que active la conexión de corriente alterna.

Este proceso se podría optimizar si se diseñase un (ya mencionado anteriormente) sistema **SCADA** (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) a través del cual el autobús comunicara, de manera continua, información acerca de la temperatura de manera remota al punto de carga, y fuese éste de manera automática quien activase, por ejemplo, la conexión de corriente alterna en caso de enfriamiento de la batería, solucionando así el problema tan pronto como este se origina.

Prototipo de cargador automático. Tesla

3.5.3 Posibilidad de prescindir de la carga en Cocheras (Vectia)

Como se ha podido apreciar, el proceso de carga en cocheras, para los vehículos Irizar i2e, es fundamental y condiciona de manera clara la operabilidad del vehículo.

La experiencia del autobús Vectia y la posibilidad de evolucionar de la versión Partial Electric a la versión Full Charge, permitiría prescindir de las cargas en las cocheras, y sustituirlas por cargas en las cabeceras de la línea. De esta manera, con cargas de oportunidad de 5 minutos, en las cabeceras, el vehículo podría operar de manera 100% eléctrica, con un motor térmico de respaldo, garantizando así una mayor disponibilidad del vehículo.

Dadas las características de las líneas de DBUS y la organización operativa que se efectúa para prestar el servicio, la mayoría de los autobuses (70 de los 107 que salen a prestar el servicio cada día, es decir, el 65%) recorren 200 kilómetros o más, cada día de operación. Esto significa (considerando la tecnología de autobuses 100% eléctricos presente en los autobuses Irizar i2e), que sería imposible electrificar la mayor parte de la flota, puesto que la autonomía que ofrece el estado de desarrollo actual de las baterías no es suficiente para que el 65% de los autobuses que salen a circulación cada día en DBUS, pudieran completar el servicio. Por lo tanto, para poder operar los autobuses eléctricos 100% de Irizar i2e, dada la experiencia analizada no se recomienda operarlos en servicios superiores a los 180 kilómetros. Con la opción de la carga de oportunidad en las cabeceras, se elimina la restricción de 180 kilómetros, puesto que el autobús se carga varias veces a lo largo del día, tantas como pase por las cabeceras.

Las características generales del punto de carga serían:

- Dos puntos de carga, uno al principio y otro al final de la línea.
- Potencia de 150kW (ampliable a 300kW).
- Conexión eléctrica: 400V trifásica.

- Una única unidad: convertidores en el interior del poste sin necesidad de construcción adicional.
- Pantógrafo invertido, un único pantógrafo para todos los vehículos. (Nota: el peso del vehículo aumenta menos que si se instalase un pantógrafo en cada vehículo, pero en caso de avería o fallo del pantógrafo invertido, la incidencia resultaría crítica y afectaría a toda la línea).
- Proceso de carga automático.
- Otros requisitos recogidos en Oppcharge. Estandarización.

En función del tipo de vehículo y de la operativa se han diseñado tres propuestas de implementación del vehículo Veris.12 en la flota de DBUS:

- Escenario 1: Veris.12 Partial Electric (la experiencia testada correspondería a este escenario).

No se precisa de infraestructura de carga ni en la línea ni en las cocheras (eliminando así cualquier impacto en los tiempos de regulación), su integración es sencilla en cualquier línea (ya que presenta los mismos requisitos que los otros vehículos convencionales) y requiere de zonas híbridas para la carga dinámica del sistema de acumulación. La tracción es aproximadamente 50% eléctrica y 50% diesel.

- Escenario 2: Veris.12 Fast Charge (44kwh-300kw carga).
Requiere de una infraestructura de carga en línea (Oppcharge). A diferencia del escenario anterior, sí hay un impacto en los tiempos de regulación ya que el vehículo debe permanecer parado e inoperativo mientras se produce la carga. Cuenta con un grupo generador de respaldo y la tracción es 100% eléctrica, salvo en caso de utilizar dicho respaldo si este consiste en un motor térmico, por ejemplo.

- Escenario 3: Veris.12 Full electric (72kwh-450kw carga).
Requiere de una infraestructura de carga en línea (Oppcharge) y en cocheras. Al igual que en el escenario 2, sí hay un impacto en los tiempos de regulación ya que el vehículo debe permanecer parado e inoperativo mientras se realiza la carga. En este caso se prescinde del grupo generador de respaldo y la tracción también es 100% eléctrica.

En el municipio de Irún, la línea 1 se ha convertido en la primera de Euskadi en pasar a estar completamente electrificada. Allí se ha optado por los autobuses eléctricos de Vectia y por las cargas de oportunidad, mediante pantógrafo al principio y al final de la línea. Las baterías tienen una autonomía de 15 kilómetros y la línea cuenta con 12 kilómetros, por lo que la autonomía es suficiente para cubrir el trayecto que separa ambos puntos de carga (es decir, el punto de inicio y el punto final de la línea).
En el caso de San Sebastián, el estudio realizado por Vectia en las líneas 5, 13, 26 y 28, concluye (a falta de un estudio más detallado) que el escenario 2 podría aplicarse en la línea 5 y el escenario 3 en las 4 líneas analizadas, electrificando así de manera íntegra a estas líneas en el caso de que se construyan los puntos de carga necesarios y se operen únicamente con este tipo de vehículos.

En cuanto al coste del vehículo, en función de la versión y de manera aproximada es de 335.000 euros para la versión “Hybrid”, 380.000 euros para la versión “Partial-Electric” y 400.000 euros para la versión “Full Charge”. El coste de la instalación del pantógrafo se sitúa, a modo estimatorio, en el entorno de los 200.000 euros/unidad.

3.5.4 Impacto

Emisiones de CO_2

El CO_2 o dióxido de carbono, es un gas denso, poco reactivo e incoloro, que forma parte de la capa de la atmósfera. A pesar de que se responsabiliza a los vehículos de toda índole de gran parte de las emisiones de este gas, lo cierto es que sólo un 15,9% de las mismas proceden de vehículos con un motor térmico.

Sin embargo, en el entorno concreto de las ciudades y los núcleos urbanos, los vehículos sí son la fuente principal de emisiones. En el marco del Acuerdo de Paris, ratificado en el año 2015, 195 países se han comprometido con un límite de 2 grados en el calentamiento global, para lo cual es esencial reducir el volumen de emisiones. La Comisión Europea, ha marcado una serie de objetivos ambiciosos en este ámbito, que pasan por lograr una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero entre un 80 y un 95% en el año 2050, tomando como referencia los valores del año 1990.

Las ciudades, a través de herramientas como los Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) están plasmando estos objetivos marcados por instituciones como la Unión Europea, y una de las medidas más habituales que recogen actualmente es la transición hacia flotas energéticas en los vehículos de transporte municipal o de recogida de residuos.

Considerando que:

- 1 vehículo eléctrico que recorre 76.500km evita la emisión de 80t de CO_2/año.
- En los 991 días los vehículos eléctricos han recorrido un total de 339.474km.

$$Emisiones\ de\ CO2\ evitadas = 80 * \frac{339.474}{76.500} = 355{,}00549\ t\ de\ CO2$$

Según datos oficiales de la Comisión Europea (EUROSTAT), en el año 2016, las emisiones de CO2 equivalentes per cápita, ascendieron a 7,3 toneladas (valor inferior a la media de la Unión Europea, que son 8,7 toneladas por persona). Asimismo, 1 tonelada de CO2 equivale, aproximadamente, a las emisiones producidas en ciudad por un coche de pequeño tamaño que recorra 44.000 kilómetros, o a las producidas por un vehículo 4x4 que recorra 8.500km.

En términos económicos, a día de hoy no existe un consenso sobre el coste social de una tonelada de CO2, si bien en el año 2015 se publicó un estudio de la Universidad de Stanford, según el cual, dicho coste puede alcanzar los 220 dólares.

Contaminación acústica

La contaminación acústica es la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, independientemente de quien sea el emisor, que implican molestia o riesgo para las personas en el desarrollo normal de su actividad o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente. Actualmente, es uno de los principales problemas en zonas urbanas puesto que es el contaminante más barato de producir, es difícil de medir y cuantificar y no se traslada como otros contaminantes con factores naturales como la lluvia o el viento. Sólo en España, se estima que al menos 9 millones de personas soportan niveles medios de 65 decibelios, siendo éste el límite aceptado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

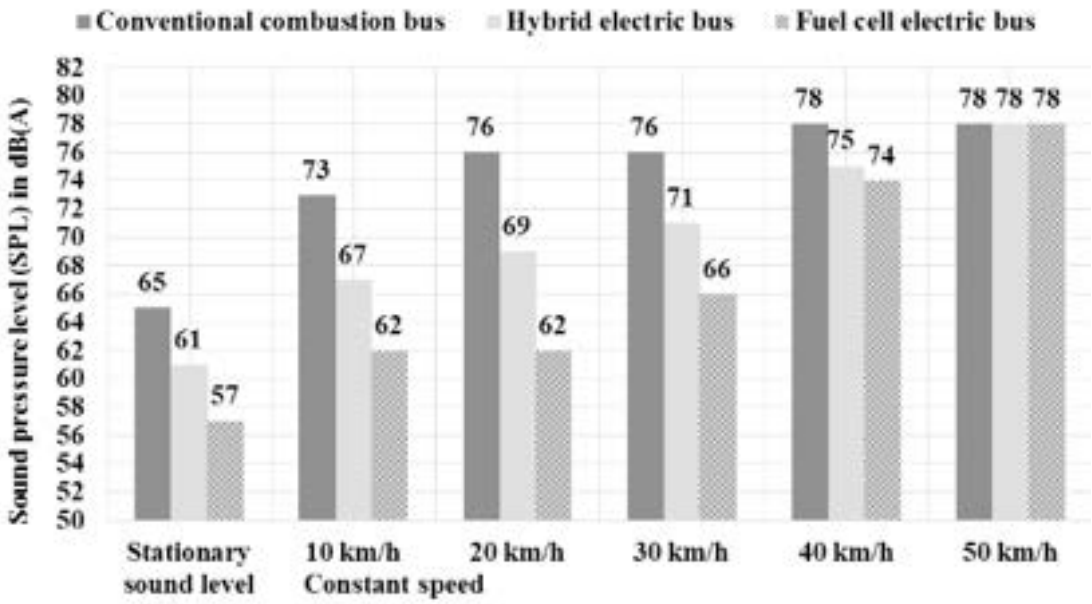
En el caso de San Sebastián, el mapa de ruido es el siguiente:

Mapa de ruido de San Sebastián

Como se puede observar en el mapa, las principales vías de comunicación (las que concentran una mayor densidad de tráfico), presentan los valores más elevados de ruido. Segmentando el análisis por barrios, se aprecia que Amara dada su cercanía con la variante N1 es la zona con mayor exposición al ruido.

Una de las ventajas de los autobuses eléctricos frente a los convencionales es, precisamente, generar menores niveles de ruido. Un autobús de combustión convencional es el que más ruido genera, seguido de un autobús híbrido y finalmente de uno de tracción 100% eléctrica. Sin embargo, es importante destacar que la diferencia entre los niveles de ruido generados por cada tipo de vehículo disminuye a medida que aumenta la velocidad. Sin embargo, en los entornos urbanos, los autobuses no alcanzan velocidades muy elevadas y constantemente se detienen y retoman la marcha (semáforos, paradas…). En el caso de DBUS La velocidad comercial es de 16,82km/h.

A continuación se recoge un gráfico con los niveles de ruido (medidos en decibelios) generados por cada tipo de autobús, según la velocidad a la que estén circulando:



Niveles de ruido generados según tipo de autobús

Tal y como se observa en el gráfico anterior, tanto con el vehículo detenido como con una velocidad de hasta 20km/h, la diferencia en el nivel de ruido generado presenta los valores más alto, siendo además en estos rangos en los que los autobuses urbanos se hayan, prácticamente, siempre.

La reducción en los niveles de ruido permite reducir a largo plazo algunos costes indirectos como por ejemplo el impacto sobre la salud de las personas. Al mismo tiempo, esta reducción contribuye a crear entornos urbanos más amables y habitables y también tiene algunos efectos económicos como una variación al alza sobre el valor de la vivienda.

3.5.5 Satisfacción de los usuarios

La acogida de los vehículos más respetuosos con el medio ambiente, como es el caso de los autobuses híbridos y en mayor medida aún los autobuses 100% eléctricos, es muy positiva entre los usuarios, quienes valoran positivamente los esfuerzos de DBUS por cuidar el medio ambiente y luchar contra el cambio climático, en medida de sus posibilidades. Sin embargo, entre los usuarios, también hay detractores, que, generalmente utilizan argumentos como por ejemplo, que la generación de electricidad en sí misma, sí contamina y produce emisiones al no ser íntegramente proveniente de fuentes renovables. Sin embargo, la mayor parte de los usuarios comprende, que los autobuses eléctricos sí contribuyen a mejorar la calidad del aire en las ciudades, desplazando en todo caso las emisiones a los puntos de generación de electricidad, donde son más fáciles de controlar. No obstante, es innegable el interés de una transición más rápida e intensa hacia fuentes de generación de energía renovables.

En cuanto al modelo de autobús Irizar i2e, las críticas negativas que ha recibido son básicamente las 3 siguientes:

1) La imposibilidad de abrir las ventanas, lo cual provoca una sensación de “agobio” en algunos usuarios.
2) Una baja luminosidad en el interior del vehículo, como consecuencia de unas ventanas más oscuras.
3) Algunos usuarios también se han quejado acerca de la distribución de los asientos.

3.5.6 Resultados funcionamiento autobús 100% eléctrico de 12 metros Irizar i2e

La primera conclusión a destacar es que el autobús Irizar i2e es capaz de operar en líneas en las que un día de operación suponga en torno a 150 kilómetros (con unas características de perfil no demasiado exigentes), sin problema alguno. Esto lo hace apropiado para un gran número de operadores de transporte urbano, ya que prácticamente todos cuentan con alguna línea de estas características, (consideradas de baja exigencia en cuanto a sus características de recorrido, perfil, etc.).

En el caso de DBUS, su experiencia en la utilización de estos vehículos demuestra que la línea 21 es idónea, dadas sus características, para ser operada mediante autobús eléctrico. Por lo tanto, a la hora de decidir si un autobús eléctrico puede o no operar con éxito en una determinada línea, uno de los primeros objetos de análisis es la exigencia de dicha línea y comprobar que dicha exigencia sea asumible para este tipo de vehículos (dado el grado de desarrollo de esta tecnología actual).

Sin embargo, existen otros factores con una influencia considerable sobre el rendimiento de estos vehículos, como por ejemplo el clima, que tiene un gran impacto sobre el consumo energético de los vehículos. El 45% de las incidencias de falta de autonomía en los vehículos eléctricos con los que cuenta DBUS se da en invierno, es decir, durante los meses más fríos del año. Las temperaturas bajas (al igual que las elevadas) aumentan las necesidades de consumo por una mayor utilización de los sistemas de climatización. Estos sistemas deben

utilizarse de la manera más eficaz posible, y debe tenerse en cuenta el factor del clima y las limitaciones en la operativa que puede acarrear.

El resto de sistemas del vehículo, como por ejemplo el sistema antivaho, también deben utilizarse de manera eficiente y sólo cuando sea estrictamente necesario, puesto que también aumentan las necesidades de consumo y en consecuencia disminuyen el rango del vehículo.

Asimismo, otro factor a tener en cuenta es el estilo de conducción. Este factor resulta fundamental para obtener el máximo rendimiento posible de los vehículos eléctricos, y para ello es recomendable formar a los conductores en esta materia. Por otro lado, el grado de ocupación de los vehículos, contrariamente a lo que pudiera parecer a priori, no es un factor que tenga una influencia destacable sobre el consumo. La experiencia de DBUS demuestra que para líneas con niveles de ocupación muy dispares entre sí, los valores de consumo registrados son muy similares.

Además de todo lo anterior, el momento crítico en la operación de los autobuses eléctricos, de cara a garantizar su buen funcionamiento, es el proceso de carga. Que el vehículo salga a servicio con un 100% de batería resulta fundamental, especialmente en los meses con temperaturas más extremas, que demandan más al vehículo, como ya se ha explicado anteriormente. Un proceso de carga mal realizado significa que el vehículo no va a poder operar durante todo el día o que ni siquiera va a poder salir a operar, lo cual exige su sustitución por otro vehículo y por lo tanto contar con dos autobuses (uno en circulación y otro parado) para prestar el servicio que debería prestar un único autobús.

Independientemente de la línea en la que se decida operar con este tipo de vehículos, los impactos medioambientales son indudablemente positivos, tanto en una reducción de hasta el 85% en las emisiones contaminantes, como en una reducción sustancial de los niveles de ruido. Por estos motivos, la acogida de este tipo de vehículos es muy positiva entre los usuarios y los habitantes de los núcleos urbanos en los que prestan servicio.

A pesar de su impacto positivo sobre el medioambiente y su buena acogida entre los usuarios, la tecnología de los vehículos eléctricos se encuentra aún en desarrollo y presenta un importante margen de mejora. Con el grado de desarrollo tecnológico actual, la manera en la que se opera con estos vehículos es determinante.

En lo que respecta a los vehículos 100% eléctricos, con baterías y carga en cocheras (como por ejemplo el vehículo Irizar i2e) para garantizar su éxito y correcto funcionamiento resulta necesario:

- Asignarlos a líneas cuya exigencia sea asumible (<180 kilómetros).
- Conducirlos de manera eficiente,
- Cargarlos de manera óptima, y
- Tener en cuenta otros condicionantes que afectan a su rendimiento como, por ejemplo, las condiciones climáticas (entre otros).

Que los procesos de carga se realicen de manera óptima, resulta fundamental para el éxito de estos vehículos en su operativa diaria. La experiencia de DBUS concluye que 7 horas no son suficientes para cargar, de manera completa el vehículo. Además, los procesos de carga serían más eficientes si se implementase un sistema SCADA capaz de detectar e informar de cualquier incidencia, en tiempo real, y/o si los vehículos se pudieran enchufar a la red de manera más rápida y sencilla, como por ejemplo, a través de un pantógrafo que el propio conductor pudiera conectar directamente al aparcar el vehículo.

La alternativa presentada por Vectia y analizada previamente en este documento permite eliminar la necesidad de cargar el vehículo en cocheras ya que estas cargas se sustituyen por cargas de oportunidad en las cabeceras de la línea.

En definitiva, a día de hoy, resulta inviable una extensión de los vehículos eléctricos con baterías y carga en cocheras al total de la flota de un operador de transporte como DBUS, si bien, son vehículos que pueden utilizarse de manera idónea en ciertas líneas bajo unas condiciones determinadas, explicadas a lo largo de este documento (siendo la condición principal recorrer menos de 180 kilómetros diarios). Para recorridos diarios superiores a los 180 kilómetros es necesario explorar otras alternativas como la opción de la carga de oportunidad en las cabeceras y vehículos como el Vectia.12 en su configuración Full Charge o vehículos eléctricos complementados con otros sistemas adicionales que permitan, en caso de falta de autonomía, continuar operando apoyándose en otro método de propulsión.

Como última valoración a destacar, se constata una mejora de la tecnología de baterías entre el 2016 y el 2020. En el caso de la experiencia de DBUS cuyos primeros autobuses 100% eléctricos (de 12 metros) comenzaron a operar en el año 2016 con baterías Zebra Na-Cd, éstas necesitaban de 8 horas de carga nocturna para alcanzar autonomías de 210 km y 16 horas de operación. El punto negativo de las mismas ha sido su vida útil, ya que se han degradado en 3 años, cuando la previsión era de 5-6 años.

Por ello, en el año 2020, al tener que sustituir en esos autobuses las baterías por otras nuevas, se ha decidido hacerlo por baterías de nueva generación Ion-Litio, teniendo además que realizarse otras adaptaciones en los propios autobuses. Estas nuevas baterías tienen garantizada una vida útil de 7 años, se recargan por la noche en 5 horas y alcanzan autonomías de 250 km y 16 horas de operación.

4. AUTOBUSES 100% ELÉCTRICOS DE 18 METROS EN BAIONA (SMPBA)

4.1 Proyecto TRAMBUS

4.1.1 Historia del proyecto TRAMBUS

El Syndicat des Mobilités del Pays Basque (SMPBA) lleva mucho tiempo comprometido con la movilidad sostenible. Su proyecto TRAMBUS, validado por la Grenelle de l'Environnement, tiene como objetivo luchar contra “todos los coches”, fomentar nuevos comportamientos cívicos y cumplir ambiciosos objetivos de transición energética.

El SMPBA ha elegido un vehículo de nueva generación que combina las ventajas del tranvía, conservando la flexibilidad de los vehículos convencionales térmicos o híbridos, llamado TRAMBUS. Otro fuerte deseo: este nuevo sistema de transporte eléctrico no debe emitir contaminantes atmosféricos (vehículo de cero emisiones).

Como parte de la implementación del proyecto TRAMBUS, el SMPBA inició un proceso en 2016 con miras a la adquisición de 18 vehículos no contaminantes de alta capacidad. Se desarrolló un diálogo competitivo con los fabricantes con el fin de adquirir material rodante de cero emisiones para el proyecto TRAMBUS. Una elección en línea con los desarrollos tecnológicos que actualmente están modificando el panorama del transporte público y las expectativas en términos de transición energética. Después de una consulta que duró varios meses, se perfeccionó el modelo económico y se pasó a una tecnología eléctrica con carga rápida en el terminal y carga inteligente en el depósito. Tras analizar las diferentes propuestas,

Este vehículo fue presentado en primicia en los Rencontres Nationales du Transport Public en octubre de 2017 por IRIZAR y la SMPBA. Entonces fue una novedad al menos a escala francesa, incluso europea.

Presentación del vehículo AUX 26E RNTP en 2017 en Marsella

La puesta en fase del proyecto TRAMBUS se desglosa de la siguiente manera:

- Línea T1 “Baiona / Biarritz”: puesta en servicio en septiembre de 2019 con 10 BRT eléctricos;
- Puesta en servicio parcial de la línea T2 "Tarnos / Baiona" prevista para febrero de 2021 con 8 BRT eléctricos 1. La parte sur de la línea T2 se entregará en 2021/2022.

Trazas de las líneas TramBus T1 y T2

4.1.2 Especificidad de la línea

El TRAMBUS se beneficia en parte de su propio tráfico, un carril seguro y reservado y un sistema de prioridad en los cruces, de la misma forma que para un tranvía.

La línea TRAMBUS T1 es un medio de transporte 100% eléctrico que ofrece servicios de alto rendimiento:

- Alta frecuencia: 11 minutos,
- Un horario adaptado a todas las categorías de la población (hogar / trabajo, escuela, ocio),
- 1 aparcamiento de relevo en Hauts de Bayonne (2 aparcamientos de relevo adicionales previstos en Garros en Tarnos y en la RD932 sur para T2)
- Longitud: 12 km
- 33 paradas de servicio.
- Ventas en las estaciones finales a través de distribuidores automáticos de boletos (DAT),

El TRAMBUS también forma parte del proyecto de reurbanización más global en la escala de la Comunidad Urbana del País Vasco que consiste en:

- Reurbanización urbana de espacios públicos, plazas y calles, a lo largo de su recorrido, Dos líneas con
- estaciones dotadas de andenes,
- El marco de una política de viajes fluida y mallada como se desea en el Plan de Viaje Urbano (PDU) adoptado el 10 de julio de 2015 por el SMPBA.
- Un proyecto pionero para la Aglomeración con vehículos de emisión 0% contaminante, a la vanguardia de la innovación en Europa.

Plan de la línea T1

4.1.3 Presentación del vehículo

Los vehículos *ie Tram* que equipan la línea TRAMBUS T1 (y próximamente la línea T2) cuentan con estructura de aluminio atornillado (paneles laterales y techo) y acero inoxidable de alta definición (base tubular).

Presentación del TramBus en Aduna (fábrica de Irizar) y en Baiona

Especificaciones técnicas generales

Dimensiones

Longitud	18,730 mm
Anchura	2.550 mm
Altura	3.300 mm
Entre el eje 1	5.980 mm
Entre el eje 2	6.540 mm
Voladizo delantero /trasero	2.805 mm / 3.405 mm
Ángulo de ataque	7º
Ángulo de salida	7.5º
Altura de escalón de las puertas 1, 2 y 3	250 mm (320 mm con / sin arrodillarse)
Altura del escalón de las puertas 4/5	270 mm (340 mm con / sin arrodillarse)
Ancho de la puerta	1.200 mm
Altura de la puerta sin MIN	2.100 mm
Peso máximo en el eje delantero	7.500 kg
Peso máximo en el eje trasero	12.500 kg
Radio de giro	20,870 mm

Cadena de tracción

Motorización

- Motor: Alconza
- Potencia nominal 235KW.
- Par nominal 2.300Nm
- Inversores y software de control: Jema Energy.
- Función de fuga,
- Freno con sistema de recuperación de energía,

  Capacidad de tracción incluyendo pendientes del 18%,

  Sistema de tracción directa

Ejes

- Eje 1: ZF RL 82 EC independiente (2 +2 amortiguador y fuelle neumático).
- Eje 2: ZF AVN (4 +4 amortiguador y fuelle neumático).
- Eje 3: ZF AVN 133 80º (Ratio 1: 7,36) (4 + 4 amortiguador y fuelle neumático).

Sistema de Frenado

- Sistema Wabco EBS 3 (con integración de sistema regenerativo).
- ABS, sistema antibloqueo de frenos.
- ASR, sistema regulación antideslizante.
- Función de freno de parada.
- Función Hillholder (sistema anti-retroceso al detenerse en una colina).
- Compresor con sistema anti-ruido.
- Discos de freno ventilados, Knorr.
- Sensor de desgaste de frenos, con indicación en el tablero de instrumentos.

Suspensión

- Amortiguadores Koni + Ventosa neumática Vibracoustic. Barra estabilizadora en todos los ejes.
- Sistema Wabco ECAS 4 (Control electrónico de suspensión).
- Altura ajustable (+/- 90 mm) + función de arrodillamiento.
- Recuperación automática de altura después del ajuste

Sistema de dirección

- Volante de 450 mm regulable en altura.
- Caja de dirección ajustable hidráulicamente: ZF Servocom 8098. Relación de par variable 1: 22.2 / 26.2
- Bomba de dirección 24V.
-

Rueda / Cubierta

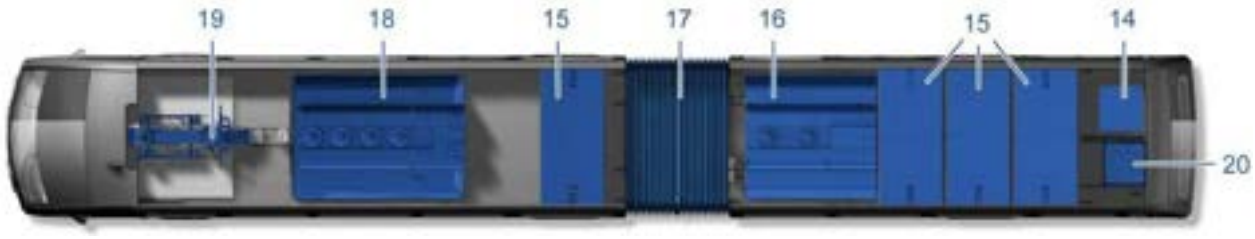
- 10 x Alcoa Dura - Brillante 8.25"x 22.5".

10 x Michelin Incity M + S 275/70 - 22.5.

1 rueda de repuesto: Llanta Alcoa de 8.25”x 22.5” con cubierta Michelin 275/70 x 22.5.

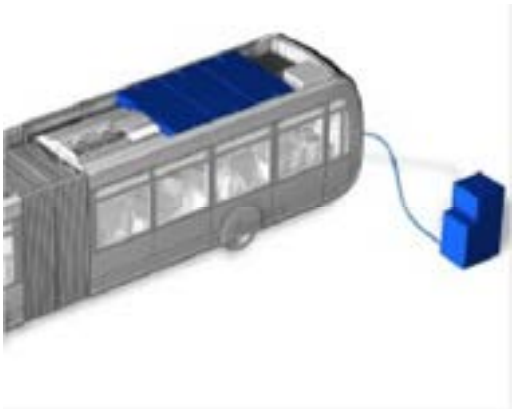
Baterías

- Tecnología de iones de litio
- **Energía instalada: 120 kWh.**
- Sistema de refrigeración por batería Hispacold.
- Autonomía del vehículo: 40 km
- Peso de cada batería: 500 kg
- Peso total de todo el sistema de energía recargable (sistema de refrigeración y caja de conexión incluidos): 2.500 kg



Recarga

- Carga lenta en depósito mediante toma Cómbo2 para carga en depósito
- Tiempo medio de carga 3h (variable según el SOC de las baterías).
- Sistema de gestión inteligente del cargador en el depósito
- Carga rápida mediante pantógrafo en línea (terminal)
- Tiempo de carga 5-10mins (variable según SOC de las baterías).



Equipamiento interior

- Capacidad: 140 personas,
- Configuración 4 puertas,
- 1 plaza para Silla de Ruedas
- 1 plaza para un cochecito de bebé o un cochecito desplegado,
- 4 plazas PMR,

Fuente: (Irizar, Memoire Técnique du vehicle Bayonne v5, 2018)

4.1.4 Infraestructura de carga

El objetivo de las infraestructuras de carga es recargar las baterías de los BRT a partir de la electricidad suministrada en la red pública de distribución eléctrica (gestionada por Enedis).

Pueden ser de dos tipos, lentos o rápidos. La velocidad de carga depende principalmente de los siguientes parámetros:

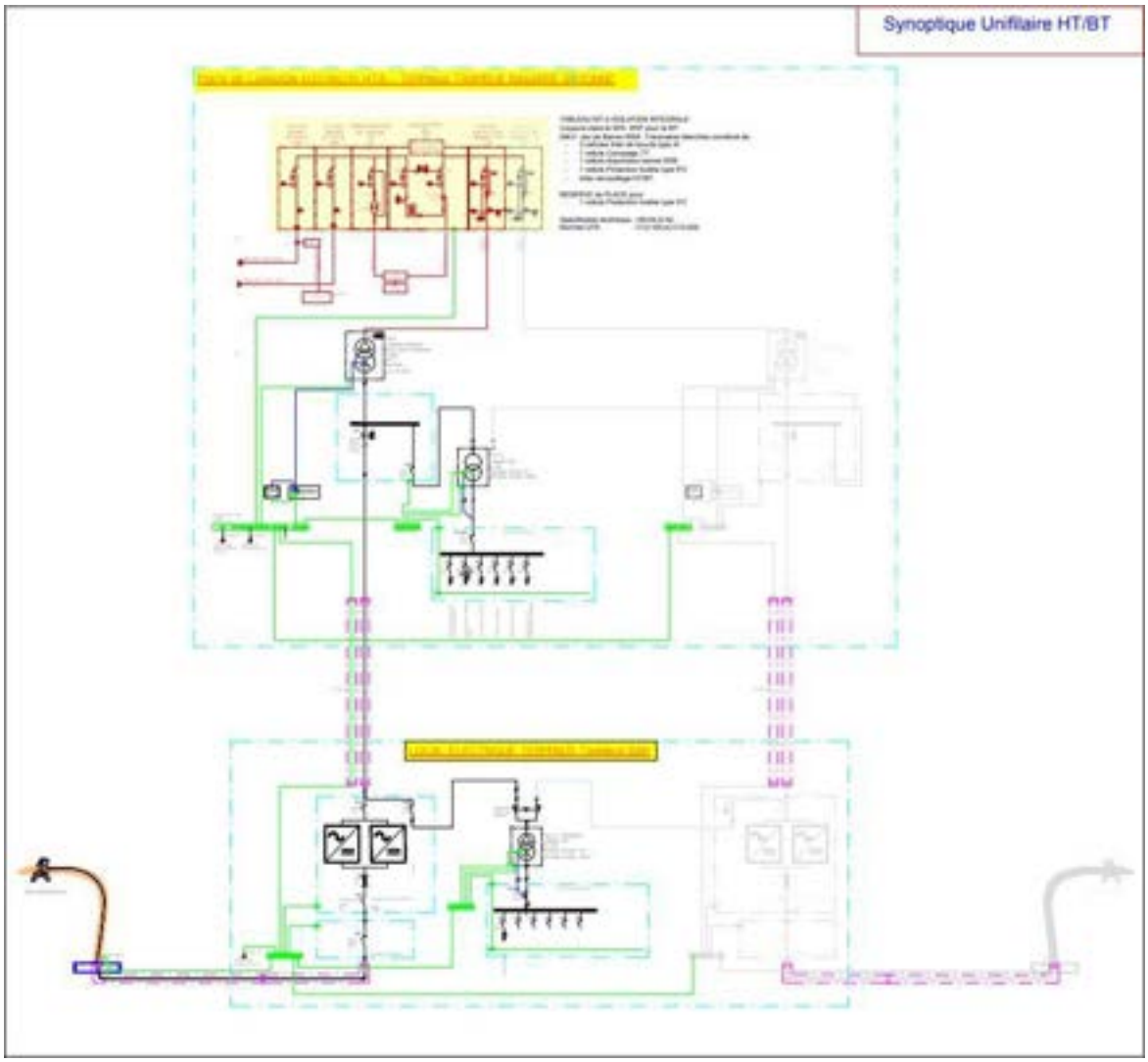
- El estado de carga de las baterías (SOC) en el momento de la carga,
  Cuanto menor sea el SOC, mayor será el tiempo de carga,
- La capacidad de las baterías para soportar un fuerte suministro de corriente eléctrica,
  Cuanto mayor sea la capacidad, más rápida será la carga
- La potencia entregada por los cargadores,
  Cuanto mayor sea la potencia, más rápida será la carga (unos minutos). Por el contrario, cuanto menor sea la potencia, más larga será la carga (unas pocas horas).

Cada vehículo BRT tiene una energía a bordo de 120kWh, lo que representa una autonomía de aproximadamente 40km teniendo en cuenta las características de la línea T1 (longitud, desnivel, media exterior T °, número de paradas, etc.). Para garantizar un servicio continuo a alta frecuencia durante un día completo, aquí ha sido necesaria la carga rápida o en línea, además de la carga nocturna lenta. Es por eso que el TRAMBUS tiene 2 estaciones de carga rápida en la terminal y un área de carga lenta en el depósito de Chronoplus.

Arquitectura de la infraestructura de carga

Cualquiera que sea el modo de carga, la arquitectura general de la infraestructura de carga es la siguiente:

- Un punto de entrega en la red de distribución eléctrica de alto voltaje (HTA),
- Un transformador HV / LV que reduce el voltaje de la red de 15kV a 315V o 400V (dependiendo del voltaje de entrada de los cargadores)
- Uno o más cargadores de CA / CC que convierten la energía alterna trifásica (CA) de la red eléctrica en energía directa (CC) para alimentar las baterías BRT,
- Un mástil de carga o un cable provisto de una pistola tipo COMBO2 para conectar el cargador o los cargadores con los BRT,
- Conexiones eléctricas y armarios para conexiones, alimentaciones y mando de control.



Esquema de una estación de carga rápida (LDL)

Carga lenta en el depósito de autobuses

El depósito de Chronoplus se equipó con 9 cargadores dobles *al aire libre,* con una potencia nominal de 2 x 50kW cada uno, lo que permite cargar 18 BRT (líneas T1 y T2) simultáneamente y en pocas horas. Cada cargador está equipado con 2 salidas de CC que permiten cargar 2 BRT al mismo tiempo.

La carga se realiza por cable a través del conector hembra COMBO 2 ubicado en la parte trasera del BRT.

Especificaciones técnicas generales del cargador:
El modelo de cargador instalado es el cargador interoperable *ECID50X* 2 de Jema Energy, filial del grupo Irizar.

Extracto de la Ficha Técnica del Cargador

	ECID50X
DATOS DE ENTRADA	
Voltaje de corriente alterna	400 V CA trifásico + PE
Potencia CA máx.	102 kVA
Corriente máxima Entrada	163 A
Frecuencia	50/60 Hz
Aislamiento galvánico	si
DATOS RESULTANTES	
Potencia de salida (Pnom)	2 * 50kW
Rango de voltaje de salida (Vnom)	480-800 V CC
Corriente máxima	2 * 105 amperios o 1 * 200 amperios
Estructura de control	Lógica de control y DSP, tecnología SVM
Inicio de rampa suave (SoftStart)	si
DATOS GENERALES	
Conectividad saliente	*CCS:* 8/15 m
Estructura de control	Lógica de control y DSP, tecnología SVM
Inicio de arranque suave en rampa (Soft Start)	Sí
Comunicaciones	Comunicación a través del puerto Ethernet (opcional bajo pedido)
Protocolo de punto de carga abierto (OCPP)	Opción
Normas	MARCADO CE, IEC 61851, DIN 70121, ISO 15118

Temperatura de funcionamiento	- 20 ºC a + 50 ºC @ potencia nominal
Humedad relativa	10% -95% sin condensación
Dimensiones (altura x anchura x fondo)	1800 x 800 x 800
Color	Blanco y verde JEMA Corp.
Peso	1000 kilogramos
Índice de protección (IP)	IP54
Protección mecánica (IK)	IK10

Operación del cargador:

Cuando el bus está conectado a un cargador, este último suministra la energía necesaria para recargar las baterías al 100%, una vez establecida la comunicación entre las baterías del bus y el cargador.

Los 9 cargadores del depósito también se comunican entre sí para adaptar su potencia de salida de acuerdo con la potencia disponible, el número de vehículos a cargar y su SOC al final del servicio (funcionalidad de "carga inteligente").

La carga nocturna lenta dura unas horas y permite reequilibrar las baterías.

*Fuente: (*Jema, A01-840083 BHNS STACBA -Estación de carga P + R Navarre - V3, 2018)

Carga rápida en la estación

La línea TRAMBUS T1 dispone de 2 estaciones de carga rápida que funcionan de forma idéntica, una en la terminal del Ayuntamiento de Biarritz y la otra en la terminal Baiona Navarra.

La carga se realiza mediante el pantógrafo extraíble ubicado en el techo del BRT que se conecta al mástil de carga conectado al cargador ubicado en el cuarto de carga.

Las estaciones terminales están equipadas cada una con una ubicación adicional para acomodar una segunda línea de carga a medio plazo.

Especificaciones técnicas generales del cargador:

El modelo de cargador instalado es el cargador *bus I2E 500kW 18m* por Jema Energy.

Extracto de la Ficha Técnica del Cargador

	CARGADOR DC INTERIOR 500 kW BUS 18 M	
8502878		
DATOS DE ENTRADA		
voltaje de corriente alterna	260 Vac 3P + T	315 Vac 3P + T
Potencia CA máx.	450 kVA	550 kVA
Corriente de entrada máxima	1200 A	
Frecuencia	50/60 Hz	
Aislamiento galvánico	NO	
DATOS RESULTANTES		
Potencia de salida (Pnom)	400 kW (450 kVA)	500 kW (550 kVA)
Rango de voltaje de salida (Vnom)	375-850 Vcc	450-875 Vcc
Corriente máxima	1000 A	
Estructura de mando	Lógica de control y DSP, tecnología SVM	
Función de arranque suave	Sí	
Comunicaciones	Puerto de comunicación RS-485 (opción: Ethernet, GPRS, etc.)	
DATOS GENERALES		
Estructura de mando	Lógica de control y DSP, puerto de comunicación Ethernet con	
Comunicaciones	tecnología SVM	
Regulaciones	IEC 61851-1, IEC 61851-23 y EMC	
Temperatura de funcionamiento	- 10 a 50 ° C a potencia nominal	
Humedad relativa	5-95% sin condensación	
Dimensiones (Al x An x Pr)	2000 x 2800 x 750	
Color	RAL 9002	
Peso	2350 kilogramos	
Grado de protección (IP)	IP20	

Operación del cargador:

Cuando el bus está conectado al cargador, este último genera la energía necesaria para recargar las baterías al 85%, una vez establecida la comunicación entre las baterías del bus y el cargador.

La carga rápida hasta el 85% del SOC de las baterías lleva unos minutos.

Fuente: (Jema, A02-Charger manual, 2016)

4.2 Fase preparatoria

4.2.1 Recepción y entregas de BRT

Los 10 vehículos de la línea T1 se produjeron en el primer semestre de 2019 (excepto el primer vehículo de la serie, producido a finales de 2018). La entrega de estos 10 vehículos al depósito de Chronoplus sufrió importantes retrasos.

La recepción de los 10 vehículos se realizó en la fábrica de Aduna en las instalaciones de Irizar, en presencia de un miembro del SMPBA y un miembro de la empresa Keolis. Se trata de recepciones en las que se revisan de forma exhaustiva las partes visibles del vehículo. Consisten principalmente en comprobar el aspecto exterior del autobús (pintura, alineación de parapetos y paneles, funcionamiento de faros, etc.), interior (posición de las barras de apoyo, asientos, limpieza de las cubiertas plásticas, largueros verticales, ajuste de los ángulos, dovelas, etc…). También se comprueba el buen funcionamiento de los componentes principales (motor, sistema eléctrico, puertas, rampa, pantógrafo, etc.) y finalmente la parte baja del chasis y techo.

La prueba para el primer BRT (número de flota 810) se llevó a cabo durante 3 días, dos de los cuales fueron consecutivos. Fueron necesarias muchas reparaciones, ya que este primer vehículo no tenía el nivel de calidad esperado por el SMPBA. Se observaron en este vehículo cierto número de imperfecciones relacionadas con la calidad de los acabados interiores (limpieza de molduras, uniones paneles, etc...) y exteriores (alineación de paneles, daños en la pintura, etc.) así como importantes deficiencias en términos de ordenación del cableado (cables a la vista sin usar y sin aislar, método de tendido de cables anárquico, sin marcar, etc…) y soldaduras defectuosas en el chasis.

La recepción en este autobús tardó más de un mes. Tras esta primera entrega, el SMPBA y notó una mejora notable para los siguientes vehículos. Sin embargo, cabe destacar una cierta falta de rigor en esta primera serie de vehículos, cuyo proceso de fabricación evidentemente aún no está estandarizado y que presenta diferencias de montaje de un vehículo a otro.

La entrega de vehículos en la línea T1, a una tasa promedio de una unidad por semana, se llevó a cabo entre el 3 de abril y el 9 de julio de 2019 con un retraso significativo en comparación con el calendario de entregas inicial (en promedio casi un mes por vehículo).

Irizar, convocado en varias ocasiones por los órganos de dirección del Syndicat des Mobilités (SMPBA), justifica fundamentalmente estos retrasos por una subestimación de los tiempos de producción y la falta de madurez de sus equipos muy jóvenes, que, aunque cualificados, adolecían de un defecto de experiencia con respecto a las obligaciones y limitaciones relacionadas con la ejecución de un contrato público con requisitos de puesta en servicio.

Además, sucedió un incidente en las cocheras de Chronoplus en una de las unidades del BRT: La sobrepresión de un paquete de baterías del techo, provocó el lanzamiento de un capó desde varios metros de distancia y obligó al fabricante a retirar este BRT y a realizar una intervención en todos los BRT en producción para corregir la falla (ajuste del circuito de refrigeración de la batería, origen de la falla); lo que tuvo el efecto de retrasar aún más las entregas.

Estos retrasos tuvieron un impacto muy negativo en la formación de los conductores de KCBA, la instalación de sistemas a bordo realizada por empresas externas en el depósito de Chronoplus y la realización del periodo de pruebas, cuya duración inicial se incrementó de 2 meses a 5 meses. .

Entrega de un BRT en el depósito con un semi-remolque

Plan de entregas del BRT- T1

Número de serie Vehículo	Número de parque móvil	Albarán salida de fábrica	Planificación entrega inicial	Devolución fábrica	Entrega final
120063	810	27/02/2019 28/02/2019 22/03/2019	03/04/2019	07/05/2019	**01/06/2019**
120061	811	02/07/2019	03/06/2019		**05/07/2019**
120059	812	18/06/2019	28/05/2019		**19/06/2019**
120054	813	16/05/2019	05/03/2019		**18/05/2019**
120062	814	07/09/2019	05/06/2019		**07/11/2019**
120056	815	06/04/2019	16/05/2019		**05/06/2019**
120055	816	22/05/2019	10/05/2019		**25/05/2019**
120060	817	25/06/2019	30/05/2019	21/07/2019	**26/07/2019**
120057	818	06/04/2019	22/05/2019		**06/06/2019**
120058	819	12/06/2019	24/05/2019		**13/06/2019**

Nota: Los plazos de entrega de los vehículos de la línea T2, producidos entre el último trimestre de 2019 y el primer trimestre de 2020, se respetaron perfectamente, estando todos los vehículos en el depósito de Chronoplus a mediados de febrero de 2020 como estaba previsto.

4.2.2 Obras, pruebas y puesta en servicio

Estaciones de carga

Los trabajos de instalación de los equipos de la estación de carga se llevaron a cabo a tiempo a pesar de un calendario muy apretado debido al retraso en las obras de infraestructura vial y construcción de edificios, realizadas por terceras empresas.

Los puntos de carga de Baiona y Biarritz se pusieron a disposición de Irizar a finales de mayo y principios de junio de 2019, respectivamente, con fecha límite a finales de junio de 2019.

Irizar subcontrató las obras de construcción de armarios eléctricos auxiliares, tendido de cables y conexión de material eléctrico a las empresas francesas SLTE y Eiffage Energy.

Las conexiones a la red pública de distribución de Alta Tensión (HTA) de las estaciones de transformación de las estaciones de Baiona y de Biarritz fueron realizadas respectivamente en abril y junio de 2019 por el administrador de la red eléctrica Enedis, posteriormente la puesta en funcionamiento de las 2 estaciones. se llevó a cabo el 2 de julio de 2019.

Las primeras pruebas de carga concluyentes en las estaciones de Bayonne y Biarritz se llevaron a cabo respectivamente en 4 y 5 de julio de 2019.

Armarios eléctricos en el local carga

Estación de carga en Ayuntamiento de Biarritz

Test de carga en Baiona **Test de carga en Ayuntamiento de Biarritz**

Nota: Durante agosto de 2019, Irizar sustituyó el cable de comunicación entre el cargador y el mástil de carga de las dos estaciones para paliar los problemas de interrupción aleatoria del proceso de carga.

Cocheras Chronoplus

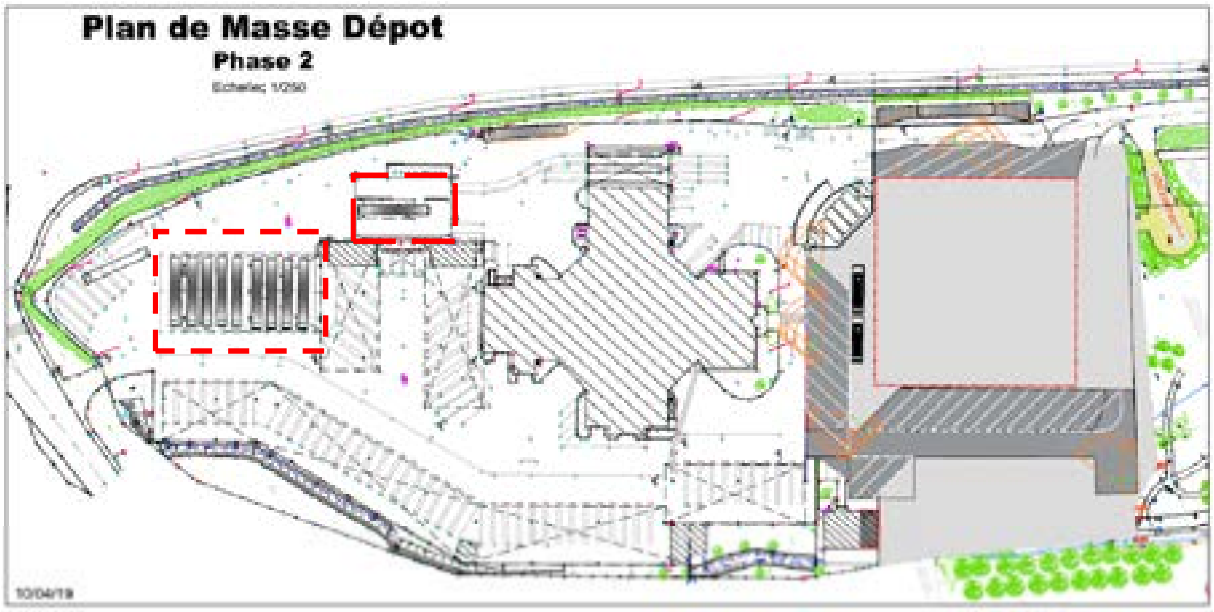
Como la capacidad de parking en el depósito de Chronoplus existente era insuficiente para 18 BRT articulados adicionales, fue necesaria la construcción de una ampliación en la parte norte del depósito (área enmarcada en rojo en la Figura 7 a continuación).

Esta ampliación consta de una plataforma de 20 plazas para autobuses articulados, 18 de los cuales están equipados con 2 cargadores dobles de 50 kW. Tiene su propio punto de entrega de HTA con una potencia instalada de 1250kVA que permite recargar hasta 20 vehículos simultáneamente.

Dado que las obras de ampliación del depósito se realizaron después de la llegada de los BRT (entrega de la plataforma equipada en enero de 2020), se implementó la operación en modo degradado desde junio de 2019 hasta marzo de 2020.

Se instalaron dos cargadores dobles en cada extremo del parque 5 del depósito existente (área de puntos rojos en la figura 7 a continuación), además de un cargador único ubicado debajo del área de lavado (área de puntos rojos en la figura 7 a continuación), para permitir la recarga alternativa de los 10 BRT.

Estos arreglos temporales han generado una rotación diaria de BRT y el movimiento de autobuses inicialmente ubicados en el parque 5 hacia otras áreas de estacionamiento, en detrimento de los estacionamientos para el personal de KCBA, requiriendo una reorganización relativamente pesada.



Plano de estacionamiento del BRT en el depósito durante las obras de ampliación

La transferencia final de BRT de la T1l parque 5 a la ampliación, tuvo lugar en marzo de 2020.

Plataforma de cargadores BRT

Cargadores dobles 2 x 50 kW

Plataforma de cargadores BRT finalizada

Ejercicio de seguridad – SDIS (departamento de emergencias) de Anglet

Como parte de la preparación, se realizó un ejercicio de seguridad con el SDIS de Anglet, en colaboración con KBA e Irizar.

SDIS quería integrar los riesgos asociados a las baterías de los vehículos en sus procedimientos de intervención, con el fin de preparar a sus equipos en caso de emergencia.

En este contexto, Irizar realizó una presentación de medio día de los componentes eléctricos del BRT al SDIS y luego se realizó una simulación de accidente en **27 de junio de 2019.** Este ejercicio movilizó un equipo de intervención de SDIS, un conductor y varios agentes de KBA.

Escenario de ejercicio:

En el túnel de Sabalce se produce un accidente entre el BRT y un vehículo ligero (LV) (colisión frontal). El tráfico está bloqueado. Las emisiones de humo en el túnel reducen la visibilidad. El conductor del vehículo ligero, que resulta lesionado, así como una persona de movilidad reducida (PMR) atascada en el BRT, deben ser evacuados por los bomberos.

Resultados:

El ejercicio se completó en cuestión de minutos. La evacuación de la persona PMR del BRT resultó compleja porque se realizó por la puerta 1 del BHNS (puerta batiente de una hoja más estrecha que las puertas de dos hojas). Durante el interrogatorio, el conductor del autobús, que se había quedado con la persona PMR, recibió instrucciones de evacuar sin esperar a que llegara ayuda, dejando a la persona de PMR en el autobús, para no lastimarse.

Este ejercicio se consideró muy instructivo por parte de SDIS y KBA.

Accidente simulado

Intervención de Bomberos

Prueba final

La última fase de pruebas que precedió a la entrada comercial en servicio de la línea T1, tuvo lugar desde 17 de julio al 1 de septiembre de 2019.

Los BRT operaron en toda la línea T1 en condiciones de operación simuladas para garantizar el correcto funcionamiento del equipo en su entorno y el cumplimiento de las condiciones de seguridad.

Este simulacro, que se realizó en vacío, sin usuarios, sobre estructuras terminadas, tenía los siguientes objetivos:

- La finalización de la formación de conductores,
- La prueba de procedimientos operativos normales y degradados (verificación de las dimensiones físicas de los BRT en estaciones, a nivel de plataforma, en carreteras, etc.),
- Prueba de los procedimientos de intervención de accidentes e incidentes que involucran a los servicios de seguridad,

- Probar la confiabilidad y disponibilidad de los sistemas y equipos (Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE), Información al Pasajero (IV), radio, emisión de información, etc. (con la excepción de la prioridad semafórica en intersecciones no funcionales en el momento de pruebas)),
- Preparación para explotación comercial.

Con un gráfico básico a 12 minutos de frecuencia y una velocidad media de 17 km / h, los primeros comentarios de los conductores de KBA muestran principalmente retrasos significativos en los tiempos de viaje, hasta 30 minutos por detrás de su objetivo el primer día.

Sin embargo, el promedio de retraso por viaje y por sentido (medido por KBA del 17 de julio al 6 de agosto 2019) sigue siendo importante:

- Baiona a Biarritz: 14 minutos
- Biarritz a Baiona: 14 minutos

Además, los conductores también reportan dificultades para sacar las rampas (roce en las aceras en algunas estaciones), problemas de aire acondicionado y algunos incidentes de carga.

Algunos de los problemas notificados durante el ensayo podrían abordarse durante esta fase.

Nota: Las evaluaciones de los conductores sobre el manejo de los vehículos son generalmente positivas.

Programación – Prueba final

La organización y coordinación de la Prueba final en vacío estuvo a cargo del Delegado KCBA en colaboración con el Syndicat des Mobilités, Irizar y los integradores de los sistemas embarcados en los vehículos.

Además de las condiciones operativas normales, permitió probar situaciones operativas específicas como adelantamientos, remolques o desviaciones.

Nota**:** El simulacro final no fue continuo y fue interrumpido dos veces por las Fiestas de Bayonne y el G7 (cuya organización, demasiado compleja, no se detallará en este informe) que tuvo lugar durante este período.

Extracto de la planificación MAB (KCBA)

	Lunes	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	15-julio	**16 de julio**	**17-julio**	**18-julio**	**19-julio**	**20-julio**	**21-julio**
Semana 29	Ensayo 7:00-16:00.	Ensayo 8:00 – 12:00	Prueba en vacío en condiciones de servicio (6:00 a 14:00	Prueba en vacío en condiciones de servicio (6:00 a 14:00)	Prueba en vacío con desvíos (7h00 - 16h00)	**No Rodaje**	**No Rodaje**
	0 conductor	0 conductor	4 conductores	5 conductores	1 conductor		
	2 formadores	1 formador	1 formador	2 formadores	1 formadores		
Requisitos de vehículo	1 vehículo	1 vehículo	4 vehículos	5 vehículos	1 vehículo		

Tipo de ejercicio	**Ejercicio adelantamiento**	**Ejercicio remolque**	**Prueba de fallo cargador Baiona**		**Ejercicio de desví**		
FIESTAS DE BAIONA							
Semana 31	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**domingo**
	29-julio	**30 de julio**	**31 de julio**	**01-ago**	**02-ago**	**03-ago**	**04-ago**
	No Rodaje	**No Rodaje**	Prueba en vacío en condiciones de servicio (05:00-1:00)	Prueba en vacío en condiciones de servicio (05:00-23:00)	Prueba en vacío en condiciones de servicio (05:00-1:00)	**No Rodaje**	**No Rodaje**
			14 conductores	15 conductores	17 conductores		
			2 formadores	3 formadores	3 formadores		
Requisitos del vehículo			8 vehículos	9 vehículos	9 vehículos		
Tipo de ejercicio			**Prueba de línea desviada por Puente de Grenet**	**Prueba de Cargas de oportunidad seguidas**			

4.3 Explotación línea TramBus T1

4.3.1 Lanzamiento

A pesar de muchas dificultades, la entrada en servicio de la línea T1 TRAMBUS sí tuvo lugar en la fecha prevista, 2 de septiembre de 2019 y todos los BRT pudieron salir del depósito el primer día.

El lanzamiento de la línea T1 se realizó al mismo tiempo que la revisión completa de la red Chronoplus (cambios en los números de línea, rutas y horarios), lo que obligó a realizar importantes trabajos de adaptación.

La primera semana estuvo marcada por grandes dificultades, en particular en lo que respecta al mantenimiento de las frecuencias de paso (de 30 a 45 minutos de media en lugar de los 10 minutos anunciados) con retrasos en los tiempos de viaje de hasta 1 hora.

Estos fallos tuvieron múltiples causas, siendo las principales el sistema de prioridad semafórica de intersección no funcional en el momento del lanzamiento, tiempos de cierre de puertas excesivamente largos, subidas sistemáticas por la puerta de entrada y diversas incidencias técnicas encontradas en los vehículos.

La mayoría de estas dificultades se resolvieron paulatinamente después de un mes de funcionamiento gracias a la resolución de problemas técnicos, al mejor manejo de los vehículos por parte de los conductores y a la aclimatación de los pasajeros al entorno TRAMBUS.

Para ayudar a los viajeros en el uso de la nueva red y el BRT, el Sindicato desplegó agentes en el campo durante la primera quincena de septiembre para responder preguntas y orientar a los usuarios, en particular en el uso de las máquinas expendedoras de billetes. Y para recopilar las primeras impresiones.

4.3.2 Cifras

Servicio ofertado

Por lo tanto, la línea T1 se puso en servicio al mismo tiempo que el despliegue de la nueva red Chronoplus, el 2 de septiembre de 2019. Además de los cambios en el número de líneas, rutas y horarios, la red ahora da servicio a 4 municipios en el suburbio interior (Arcangues, Bassussarry, Mouguerre y Villefranque) hasta ahora desatendidos.

En cuanto a la línea T1, sigue más o menos el recorrido de dos de las líneas principales de la antigua red Chronoplus: en su totalidad por la antigua línea A1; principalmente en su parte de Angloy y Biarritz por la antigua línea A2.

El nivel de servicio de la línea T1 ha evolucionado desde su entrada en servicio. Inicialmente 15 minutos, la frecuencia de uso en las paradas ha aumentado a 13/14 minutos el 9 de diciembre de 2019, para ajustarse a 11/12 minutos desde el 13 de enero de 2020 (fuera del período de confinamiento).

Desde esa fecha, el rango horario de la línea es de 5:30 a.m. a 2:30 a.m. de lunes a viernes y sábados y domingos de 6:10 am a 12:30 am. Así, se realizan 81 viajes por día de la semana en la dirección Biarritz - Baiona, es decir, 972 km / día y 83 en la dirección Baiona - Biarritz, es decir 996 km / día (164 carreras y 1968 km por día en todas las direcciones). Finalmente, el tiempo de viaje teórico previsto en la dirección Biarritz - Baiona es de 49 (8.00 a 9.00 y de 12.00 a 13.00 horas) y 50 minutos (17.00 a 18:00 horas), mientras que en la dirección Baiona - Biarritz es de 47 (8 a.m. a 9 a.m. y 12 p.m. a 1 p.m.) y 50 minutos (5 p.m. a 6 p.m.).

El trazado de la línea también ha evolucionado desde su puesta en servicio. Entre el 2 de septiembre de 2019 y el 12 de enero de 2020, se puso en servicio la parada “Union” en Anglet (ubicada entre las paradas “Lembeye” y “Les Barthes”) (ruta naranja abajo). Desde el 13 de enero de 2020, la línea T1 ha adoptado su ruta final que ya no sirve a esta parada (línea roja a continuación). La ruta actual permite ganar 328 metros en la dirección Biarritz - Baiona (o el 49% de la distancia entre estaciones "Lembeye" - "Les Barthes") y 209 metros en la dirección Baiona - Biarritz (o el 39% de la distancia entre estaciones. estación) en comparación con la ruta anterior.

Evolución del itinerario de la línea T1

Datos operacionales

Como se menciona en el párrafo 4.1, cuando se puso en marcha la línea y en los días siguientes, se pudieron haber observado retrasos importantes en los tiempos de viaje, causados entre otras cosas por el sistema de prioridad de semáforos defectuoso.

Desde entonces, en una lógica de mejora continua del funcionamiento de la línea en relación, en particular, con la reducción de su frecuencia (cf. 4.2.1), los tiempos de viaje se han reducido muy significativamente. Al observar más de cerca su evolución en tres franjas horarias específicas (8:00 a.m. - 9:00 a.m.; 12:00 p.m. - 1:00 p.m.; 5:00 p.m. - 6:00 p.m.) y en ambas direcciones del tráfico, podemos ver que en promedio, se ahorraron de 6 a 7 minutos entre septiembre de 2019 y febrero de 2020. Además, el ahorro de tiempo en

la ruta de la línea T1 parece ser lineal y continuo durante el período considerado. Tenga en cuenta que los tiempos de viaje para la hora punta de la tarde son en promedio de 2 a 3 minutos más largos que los de la hora punta de la mañana.

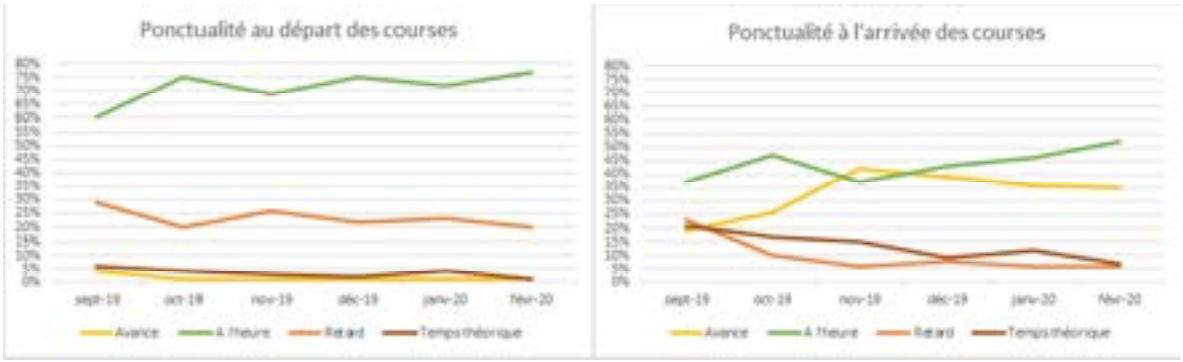
Evolución de los Tiempos de viaje en la línea T1

Al igual que en términos de tiempo de viaje, la velocidad comercial de la línea T1 ha mejorado desde la puesta en servicio de la línea. De hecho, en los mismos tres intervalos de tiempo de referencia que antes y en ambas direcciones del tráfico, en promedio, Se obtuvieron de 1,5 a 2,5 km/h entre septiembre de 2019 y febrero de 2020. De acuerdo con los datos de tiempo de viaje, la velocidad comercial del TRAMBUS es menor durante la hora punta de la tarde.

Evolución de la Velocidad Comercial en la línea T1

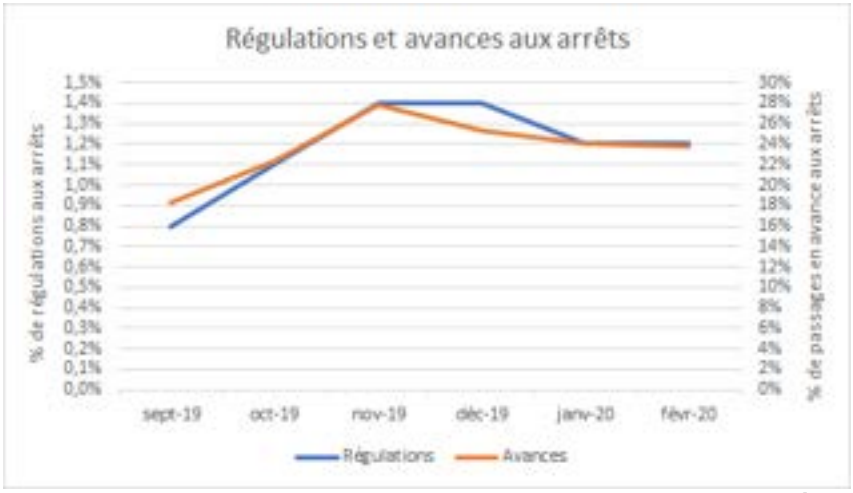
En general, en cuanto a puntualidad, las carreras de la línea T1 generalmente se van a tiempo menos de un minuto por delante y menos de tres minutos por detrás del tiempo teórico). Es el caso de 60% (en septiembre de 2019) en 77% (en febrero de 2020) de ellos. Por otro lado, la puntualidad se deteriora durante el funcionamiento de la línea, ya que solo 37% (en septiembre de 2019) en 52% (en febrero de 2020) las carreras llegan a tiempo. Si bien la evolución de la puntualidad es bastante irregular durante los primeros seis meses de funcionamiento de la línea T1, podemos ver una mejora, especialmente en las llegadas de carreras.

Otro punto a destacar. Las carreras que no comienzan a tiempo suelen llegar tarde (más de tres minutos en comparación con el tiempo teórico) que de antemano más de un minuto en comparación con el tiempo teórico): del 20% al 29% en contra 4% a 1%. Es exactamente lo contrario al final de las carreras, ya que Del 19% al 42% de las carreras llegan temprano, mientras que solo del 6% al 23% de ellas llegan tarde. Esta observación se refuerza aún más si eliminamos el mes de septiembre del análisis. Aun así, estos elementos estadísticos revelan un potencial adicional para mejorar los tiempos de viaje.



Evolución de la Puntualidad en las Salidas y Llegadas de los itinerarios de la línea T1

El deterioro en la puntualidad de la salida en los puntos de llegada de las carreras también queda ilustrado por el número de regulaciones (cuando el TRAMBUS se detiene con más de un minuto de antelación al horario teórico y que es paradas al menos dos minutos en la estación) y paso anticipado en las paradas. En constante aumento hasta diciembre de 2019, el número de regulaciones disminuyó en enero y febrero de 2020 para estabilizarse en torno a las 1.550 ocurrencias observadas, lo que representa el 1,2% de las paradas. A excepción del mes de diciembre de 2019, la tasa de paso temprano en las paradas siguió el mismo camino. También en este caso, el comportamiento regulatorio observado es un buen augurio para un potencial de ahorro adicional en términos de tiempo de viaje.



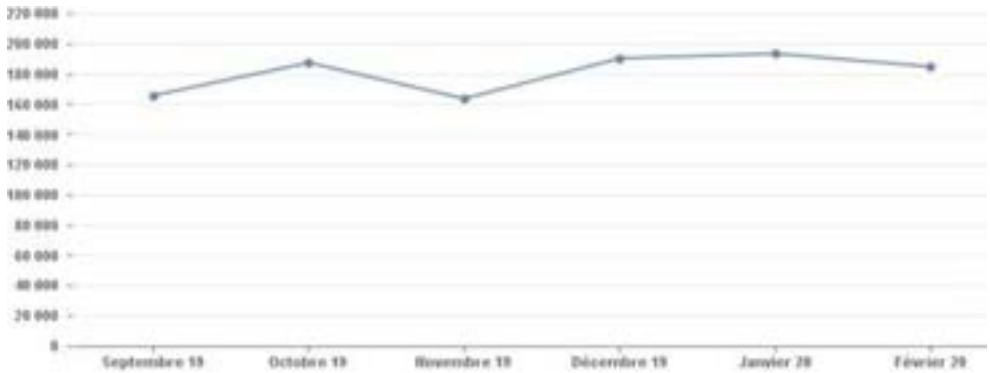
Regulaciones y Pasos adelantados en las paradas de la línea T1

En general, los hallazgos descritos anteriormente resultantes de la operación de la línea T1 son objeto de un trabajo de mejora continua en colaboración entre el SMPBA y el operador.

Datos de uso

Heredera de las líneas A1 y A2 de la antigua red Chronoplus, la línea T1 se posiciona como la línea más dimensionada de la red actual, uniendo notablemente los núcleos urbanos de las tres principales localidades del ámbito de Chronoplus (Baiona, Anglet , Biarritz) y al servicio de importantes áreas comerciales.

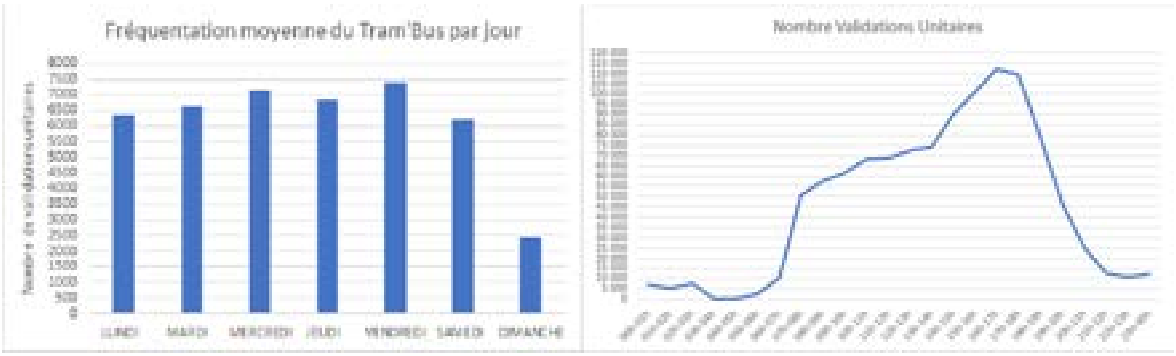
En sus primeros seis meses de funcionamiento, 1.084.215 viajes se realizaron en la línea T1, o 26,6% de tráfico para toda la red Chronoplus durante el período (en comparación con el 34,8% de las antiguas líneas A1 y A2 combinadas, entre septiembre de 2018
y febrero de 2019). El uso mensual de la línea, relativamente irregular durante sus primeros tres meses de operación, disminuyó estabilizado en alrededor de 180.000 validaciones por mes (con un pico en enero de 2020 con 192.000 validaciones).



Utilización mensual de la línea T1

Al analizar la frecuencia de la línea T1 en un nivel más fino, podemos ver que de media se realizan 6.869 viajes por día de la semana (excluyendo vacaciones escolares y los días festivos). La asistencia también es mayor al final de la semana (7.401 validaciones en promedio los viernes) que al comienzo de la semana (6.338 validaciones en promedio los lunes). El uso promedio cae a 6.214 validaciones los sábados y 2.458 los domingos.

En cuanto a la frecuencia por franja horaria, la línea T1 tiene la singularidad de solo tiene un pico en uso, a media tarde, entre las 4 p.m. y las 5 p.m. (que representa el 10,35% de la frecuentación total de la línea). Hasta este pico identificado, el uso del TRAMBUS aumenta y luego disminuye después de las 5:00 p.m. Esta particularidad puede tener su origen en los perfiles de los usuarios de la línea. De hecho, mientras que la red Chronoplus en su conjunto es frecuentada principalmente por usuarios habituales (que representan del 55 al 57% de las validaciones observadas), la línea T1 es utilizada principalmente por usuarios ocasionales (representa el 52% de las validaciones observadas).



Utilización de la línea T1 por Tipos de día y por Horas

4.3.3 Feedback de usuarios

Quejas

El informe de actividad de septiembre de 2019 publicado por KBA informa sobre un número significativo de quejas durante el primer mes de funcionamiento de la nueva red Chronoplus. De hecho, se indica que se han enviado más de 600 quejas al departamento de ventas de Chronoplus. Una gran mayoría se refería al reembolso y la oferta de transporte.

También en este caso, se registró una disminución en la tasa de quejas desde finales de mes. El 46% de las quejas están vinculadas a la oferta de transporte, el 27% menciona falta de respeto a los horarios.

Entre estas quejas, el 19% se refiere a la T1 (debido a retrasos, la reducción de la frecuencia, reubicación de las paradas y la eliminación de la línea A2, considerándose su ruta más directa y rápida entre Baiona y Biarritz-Anglet).

Como era de esperar, la línea TRAMBUS T1 es objeto del mayor número de quejas por las razones mencionadas en los párrafos anteriores. No obstante, es interesante observar que las quejas de los usuarios disminuyen tan pronto como comienzan a familiarizarse mejor con las particularidades de la nueva línea T1.

Comisión de Accesibilidad Intercomunitaria (CIA)

El 17 de febrero de 2020 se organizó una visita del TRAMBUS, en presencia de los miembros de la Comisión Intercomunitaria de Accesibilidad. El recorrido se completó en su totalidad, con algunas paradas puntuales, lo que permitió tiempo para la discusión entre los equipos del SMPBA y los miembros de la Comisión, cuya transcripción se da a continuación.

Vehículo

- *Ausencia de anuncio audible externo que indique el nombre de la línea y el destino.*
- *Problema con la potencia del sonido del anuncio de audio interior que indica la próxima parada. Apenas audible.*
- *No hay registro iluminado que indique el nombre de las paradas, visible desde el cuadrado para usuarios de sillas de ruedas.*
- *Contraste visual insuficiente para indicar los espacios de prioridad PMR.*
- *Pulsador de llamada del asiento del PMR: pulsador sin sensación de presión y por tanto imposible determinar si se tiene en cuenta la parada o no (señal acústica demasiado débil o incluso inexistente).*
- *Los botones de solicitud de parada no contrastan lo suficiente en los pilares (gran dificultad para localizarlos fácilmente e imposible durante los cambios de luz).*
- *En asientos aislados, la barra está demasiado adelantada. El usuario choca contra la barra cuando se levanta. Colóquelo en la parte trasera del asiento.*
- *El validador que se encuentra en el pasillo central junto al lugar donde se sientan los usuarios de silla de ruedas está en el pasillo. Como resultado, las personas ciegas lo golpeaban todo el tiempo. ¿Sería posible ponerlo en el respaldo del último sillón aislado?*
- *El revestimiento del suelo a la derecha del espacio para silla de ruedas merece ser más rugoso para evitar el desplazamiento lateral al deslizar la silla en las curvas.*

Disposición de la parada de transporte público parada CCI

- *La terminal de información al viajero no funciona.*
- *Tras la prueba del dispositivo marcador de la puerta delantera del vehículo y una zona de seguridad a lo largo de la plataforma, se comprobó que la franja rugosa no era suficientemente:*
  - *Gruesa para ser detectado en el pie*
  - *Contraste con el resto del andén*

- *Venta de billetes:*
  - *Terminal de venta de entradas que se revisará para la accesibilidad de los ciegos. Son con audio pero es difícil activarlo encontrando el botón correcto y luego encontrar el lugar correcto para presionar porque no está determinado por la voz.*
  - *Falta de enchufe en las máquinas expendedoras de billetes (normalmente destinadas a los cajeros automáticos para la confidencialidad de los datos bancarios)*

Disposición de la parada de transporte público parada MAIRIE BIARRITZ

- *As marquesinas para pasajeros no brindan protección contra la lluvia o el viento. Paredes de vidrio sobre una base que no es adecuada para usuarios ciegos o con discapacidad visual.*
- *Presencia de un escalón aislado que presenta un alto riesgo de caída de los usuarios.*
- *Sin contraste entre el morro del primer y último escalón de la escalera de conexión entre la parada de pasajeros y la Oficina de Turismo.*

Agencia de ventas CHRONOPLUS BIARRITZ

- *Sin bucle de inducción magnética para dar la bienvenida a los clientes.*
- *Tarjeta de suscripción: permite la posibilidad de colgar su tarjeta en una correa para el cuello.*
- *Dispensador de tickets: Ensanchar por abajo para poder acceder mejor a recoger el ticket de transporte.*

Observación General

- *Dificultad para ubicar el autobús que se espera en plataformas muy largas y dónde esperar al vehículo a menudo es incierto.*
- *Imposibilidad de determinar el bus deseado en las paradas dedicadas a varias líneas.*
- *Dificultad para localizar el TRAMBUS porque no lo oyes venir. Además de su color negro, es difícil de detectar.*
- *Problema recurrente de conductores que se niegan a abrir la puerta delantera del vehículo. Sin embargo, es la entrada a esta puerta la que está marcada en el suelo.*
- *3 idiomas utilizados para la información general: francés, euskera y gascón. Falta de otros idiomas generales como inglés, español.*

Un buen número de comentarios se refieren a disposiciones en vehículos o en estaciones que son difíciles de modificar posteriormente. Sin embargo, el SMPBA desea integrar estos elementos tan pronto como sea posible para sus próximos pedidos de vehículos. Otros elementos han sido corregidos desde esta visita (volumen del anuncio de audio, restablecimiento del funcionamiento en los terminales de información al pasajero).

4.3.4 Fiabilidad del equipo

La fiabilidad de los equipos se mide aquí en términos de tasa de disponibilidad de los equipos y la aparición de averías que tienen consecuencias más o menos significativas en el funcionamiento de la línea TRAMBUS T1.

Tasa de disponibilidad de equipos

A partir de la oferta teórica inicial y el número de viajes realmente realizados por los BRT, se podría definir una tasa de disponibilidad del material rodante y su infraestructura de carga.

Como recordatorio, de septiembre a diciembre de 2019, la frecuencia de paso en las paradas fue de aproximadamente 13/14 minutos y luego de 11/12 minutos a partir del 13 de enero de 2020, con horarios variables según el día de la semana.

Al cruzar estos diferentes datos, obtenemos un número de expediciones teóricas por semana de:

- Del 2 de septiembre de 2019 al 12 de enero de 2020: 975 expediciones o viajes / semana,
- Desde el 13 de enero: 1015 expediciones o viajes / semana.

Los datos reales (número de viajes realmente realizados y número de viajes realizados por vehículos distintos de los BRT) se extrajeron de los Sistemas de Ayuda a la Explotación (SAE) del Operador.

La tasa de disponibilidad por semana se calcula tomando el cociente del número total de viajes T1, del cual se resta el número de viajes T1 realizados por vehículos no BRT, sobre el número de viajes teóricos.

Disponibilidad por semana en 2019

	Número de viajes T1 total	Número de viajes T1 para vehículos que no son BRT	Tasa de disponibilidad BRT
S36	770	60	72,82%
S37	890	16	89,64%
S38	896	9	90,97%
S39	895	66	85,03%
S40	903	11	91,49%
S41	905	12	91,59%
S42	889	37	87,38%
S43	798	27	79,08%
S44	668	8	67,69%
S45	887	65	84,31%
S46	832	91	76,00%
S47	878	107	79,08%
S48	842	62	80,00%
S49	753	65	70,56%
S50	865	106	77,85%
S51	889	30	88,10%
S52	819	2	83,79%
TOTAL	**14.379**	**774**	**82,08%**

En 2019, la tasa de disponibilidad de equipos es **82,08%.**

Disponibilidad por semana en 2020

	Número de viajes T1 total	Número de viajes T1 para vehículos que no son BRT	Tasa de disponibilidad BRT
S01	891	64	81,48%
S02	774	17	74,58%
S03	947	78	85,62%
S04	910	18	87,88%
S05	893	14	86,60%
S06	936	10	91,23%
S07	927	36	87,78%
S08	923	0	90,94%
S09	926	3	90,94%
S10	940	55	94,15%
S11	831	1	99,88%
TOTAL	**9 898**	**296**	**88,28%**

En 2020, la tasa de disponibilidad de equipos hasta el 16 de marzo es **88,28%.**

Si bien mejoraron ligeramente en 2020, estas tasas de disponibilidad siguen siendo insuficientes con respecto a las obligaciones contractuales del Contratista (tasa de disponibilidad general del equipo: 99,5%), y las limitaciones operativas.

Sobre todo porque la llegada de 8 vehículos adicionales dedicados a la línea T2 ha permitido un aumento significativo en el número de autobuses en reserva y por lo tanto un aumento “virtual” en la tasa de disponibilidad de la línea T1.

Nota: Dado el carácter excepcional de la situación durante la crisis sanitaria, el cálculo de la tasa de disponibilidad se detiene en la semana 11, operando durante las siguientes semanas no permitiendo reflejar correctamente la oferta inicialmente prevista.

Fallos del sistema global

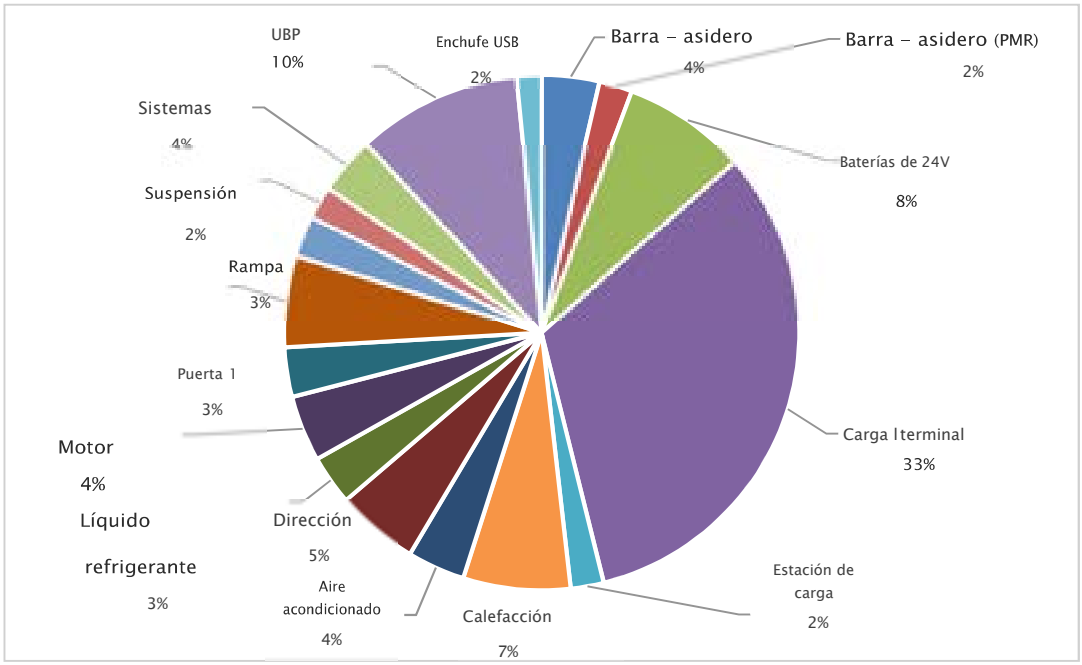
Las disfunciones que se presentan a continuación se observaron durante los primeros 6 meses de funcionamiento del TRAMBUS durante un período comprendido entre el 2 de septiembre de 2019 (puesta en servicio) y el 16 de marzo de 2020 (inicio de la contención). Aunque provienen de varios orígenes, la principal fuente de informes de fallas proviene de los controladores de la red Chronoplus.

Las numerosas fallas observadas durante el período, debido en parte a una fase de fallos iniciales y un manejo complicado, se clasificaron en 17 categorías principales de fallas que incluyen sistemas o subsistemas del vehículo o infraestructuras de carga, con el fin de facilitar el procesamiento y análisis.

Además, solo se contemplaron los fallos con una ocurrencia mayor a 2, considerándose los demás como casos aislados no significativos.

La mayoría de las averías ilustradas en el gráfico siguiente se produjeron durante el primer mes de funcionamiento y, en promedio, se resolvieron en los primeros tres meses de funcionamiento. Casi dos tercios se refieren directamente al material rodante y el tercio restante se asigna a estaciones de carga.

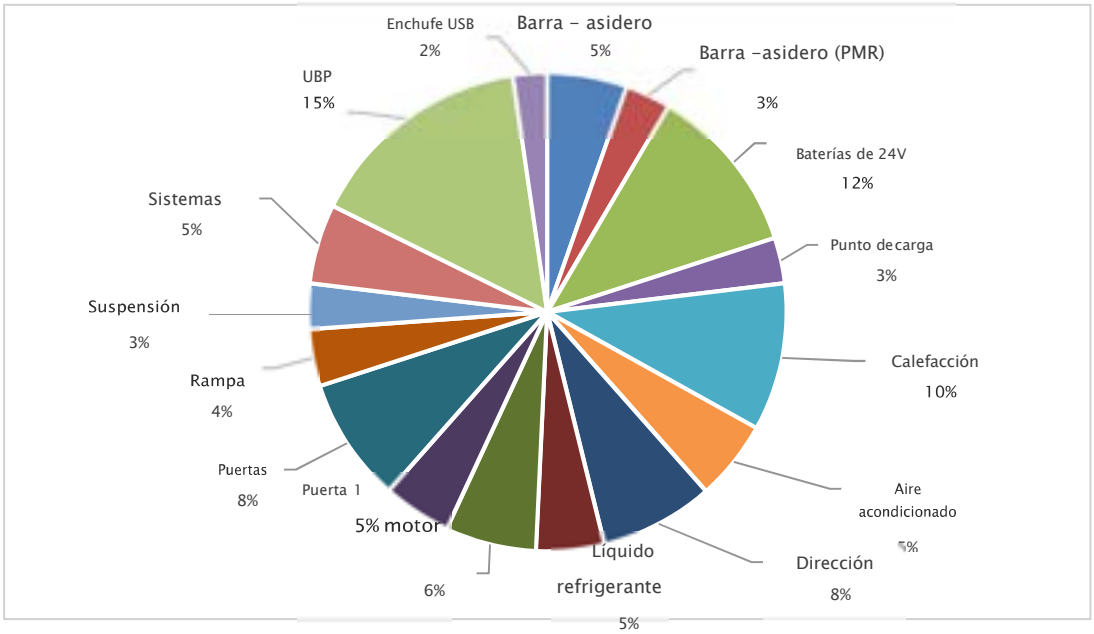
Nota: Algunos de los incidentes fueron reportados directamente por usuarios, agentes del SMPBA presentes en el campo o el propio constructor de los autobuses.



Causas principales de mal funcionamiento del BRT de la T1

4.3.5 Averías de vehículos

Las ocurrencias de averías en todos los BRT de la línea T1, excluidos los problemas de carga terminal, durante el período se desglosan de la siguiente manera (clasificación no cronológica):



Causas principales de mal funcionamiento del BRT (excluyendo estaciones de carga)

Es interesante aquí perseguir los fallos con una incidencia superior al 5%. La siguiente jerarquía se puede establecer en el tipo de fallas encontradas (de más "graves" a menos "graves").

Con gran impacto en las operaciones

Las averías que tienen un impacto importante en las operaciones generalmente provocan una no-disponibildad del vehículo que varía desde varios minutos hasta varios días. Estas fallas ocurren en la línea o en el depósito y, con mayor frecuencia, resultan en la inmovilización del vehículo.

Órgano	Descripción	Causas	Consecuencias	Acciones correctivas	Comentario
Punto de carga	Cortocircuito en la conexión COMBO resultante Expulsión del conector macho del cargador fuera del conector hembra del bus durante la carga	Presencia de agua en los conectores por avería de sellando causado por un micro agujero en la pistola *Nota: el agua no es la única causa de la falla ya que el incídete repite varias veces en tiempo seco.*	Contactores posicionados inmediatamente aguas abajo desde la toma COMBO en la Caja de conexiones dañada, defecto aislamiento sobre las guías del autobús aguas abajo, batería administración Sistema (BMS) defectuoso **Indisponibilidad BRT**	Reemplazo de la caja de conexiones, BMS, cables y equipo eléctrico dañado en el autobús.	**Pendiente de incorporación de una unidad de protección.** Según los diagramas eléctricos de autobús. Los equipos de potencia (motor, aire acondicionado, aire pantógrafo de tableta etc.) están protegidos por un disyuntor o fusible. Durante los incidentes, los contactores, incluida la función intrínseca para conectar circuitos en corriente nominal (no cortar desde arcos debido a fallos) se destruyen y el equipo de aislamiento se deteriora.

Órgano	Descripción	Causas	Consecuencias	Acciones correctivas	Comentario
Baterías de 24V	Descargar las baterías Auxiliares de 24 V cuando el tiempo de inactividad de un bus es más de 24 horas.	Capacidades de la batería Auxiliares 24V baja,,consumo importante de circuitos auxiliares del BRT, no recarga de las baterías de 24V fuera de los periodos de viaje o recarga de las baterías de tracción.	Imposibilidad de arrancar el bus, desgaste prematuro de las baterías de 24 V, paradas inesperadas de los sistemas embarcados con riesgo de pérdida de información **Indisponibilidad BRT**	Reemplazamiento de todas las baterías de 24 V por una tecnología de baterías de mayor densidad energética (gel), actualización software para el consumo de información de equipos auxiliares	
Motor	Pérdida de asistencia dirección en línea aleatoriamente.	Los sistemas de comunicación de la unidad de tracción están apagados.	Inmovilización del vehículo en línea **Indisponibilidad BRT**	Actualización de software y hardware del sistema de control de tracción (filtrado de perturbaciones EMC).	
Dirección	Alarma Roja generado por la función de asistencia de dirección	Problema de comunicación en el inversor de dirección, provocando una alarma luz indicadora roja provocando una alarma KBA)	Sin autorización de salida en presencia de una luz roja (procedimiento KBA) **Indisponibilidad BRT**	Actualización de software de la unidad de control de la dirección.	
Líquido refrigerante	Fallo de función de líquido refrigerante (Luz roja)	Tiempo de retardo de la alarma demasiado corto (falsa alarma)	Sin autorización de salida en presencia de una luz roja (procedimiento KBA) **Indisponibilidad BRT**	Modificación de los parámetros de retardo de tiempo para activar la alarma sólo en caso de nivel bajo	

Sin impacto importante en las operaciones

Las averías sin mayor impacto en la operación pueden causar incomodidad al conductor o pasajeros, pero no impiden que el autobús se mantenga en circulación. Pueden resolverse en un tiempo relativamente corto y / o mediante asistencia remota al conductor.

Órgano	Descripción	Causas	Consecuencias	Acciones correctivas	Comentario
Puertas	En modo automático: dificultad de cierre puertas 2, 3 y 4 en caso de mucho afluencia en el autobús	Ángulo de detección del sensor de puerta demasiado amplio, pasajeros colocados demasiado cerca de las puertas	Tiempo de cierre excesivamente largo (hasta 1 minuto), Deterioro de los velocidad comercial, obligación para el conductor de bajarse para hacer retroceder a los pasajeros traseros de la puerta trasera	Reducción de haz, uso del modo forzado	La familiarización de los usuarios con los vehículos, la mejora de las frecuencias y la reducción de la carga de los buses permitió corregir este defecto en unas semanas.
Puerta 1	En modo automático: Posición incorrecta de la puerta 1 sobre los pasajeros durante la subida	Posición de los detectores	Puerta 1 inutilizable Dificultad de accesibilidad para personas con discapacidades que están acostumbradas a encontrar su camino al entrar por la parte delantera del autobús	Gestionar completamente la puerta 1 independiente de las demás puertas, independientemente del modo de gestión de puertas seleccionado por el conductor.	No resuelto hasta la fecha a pesar de la solicitud de Sindicatos desde Noviembre de 2019. Desarrollo en curso a estudiar por el proveedor de puertas MASATS. Fecha de disponibilidad de una versión beta no revelada

Órgano	Descripción	Causas	Consecuencias	Acciones correctivas	Comentario
Barras y asideros	Aflojamiento de barras mantenimiento (especialmente a nivel de articulación y desde asientos en voladizo después de los fuelles).	Soldaduras demasiado finas y soporte insuficiente	Riesgo de caída de pasajeros	Colocación de refuerzos (anillos) y mejora desde soldaduras de apoyo	
Calefacción y aire acondicionado :	Problemas de aire acondicionado y calentador Fuerte calor: gradiente de T ° significativo entre la parte delantera del autobús y el segundo cuerpo. En invierno: se valora la calefacción como insuficiente especialmente por los conductores	Capacidades de enfriamiento y calefacción limitadas para no empezar con consumos demasiado elevados.	Malestar experimentado por los conductores y los pasajeros durante los periodos de Temperatura exterior extrema	Campañas de purga y reequilibrio circuitos realizados por Irizar y su proveedor de HVAC Hispacold, medidas previstas en primavera 2020.	Hasta la fecha los efectos de estas medidas todavía no se han observado.
UBP	Pérdida de un UBP (Unit Battery Pack) en línea: cambio de 4 a 3 paquetes, o incluso de 3 a 2	Desconexión automática de una UBP cuando su SOC está por debajo de un determinado umbral que el SOC de otras UBP. Reconexión automática cuando se realiza el equilibrado	Caída del SOC (estado de carga) que se muestra en el panel de control, lo que alarga los tiempos de carga en el terminal.	Modificación del código de color del testigo luminoso del salpicadero para no preocupar a los conductores (amarillo en lugar de rojo). Actualización de software	Sigue habiendo una serie de casos problemáticos en los que UBP no se recupera. El cambio de 3 a 2 UBP requiere la retirada del bus de la línea.
Cuentakilómetros y salpicadero	Mala retroalimentación de información entre el odómetro y el salpicadero	Mala sincronización de los dos sistemas	Pérdida de información sobre el kilometraje real de los vehículos	Actualización de software	

Nota: los fallos más recurrentes no son necesariamente las más impactantes a nivel operativo (ejemplo: pérdidas de UBP muy comunes no impiden el funcionamiento de los buses).

4.3.6 Averías en la infraestructura de carga

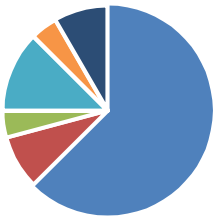
Estación de carga rápida

Tras 6 meses de funcionamientos e pudo observar la progresiva resolución de las averías observadas en los vehículos. Sin embargo, los problemas de carga que ocurren de forma aleatoria y repetida en las estaciones de carga rápida siguen siendo un problema real.

A pesar de varias acciones correctivas llevadas a cabo por Irizar, las estaciones continúan sufriendo averías periódicas de diversa duración (desde unos minutos hasta unos días) que pueden llegar a provocar la retirada total de los BRT de la línea T1, por falta de energía el sistema de carga de oportunidad. Es bastante común que un BRT tenga que "saltar" una carga en una de las terminales y comenzar de nuevo en la otra dirección, por no poder recargar durante su tiempo regulación.

El operador KBA ha elaborado un inventario de las distintas averías vinculadas a los fenómenos de carga durante el período comprendido entre el 05 de enero de 2020 y el 17 de febrero de 2020, basándose en los informes realizados por los conductores.

Incidentes comunicados por conductores KBA

	BTZ		BAY	
Sin cargar	15	63%	10	33%
Salida tardía	2	8%	1	3%
Cámara de pantógrafo HS	1	4%	2	7%
Problema del pantógrafo	0	0%	3	10%
Pérdida de una" battery pack"	3	13%	5	17%
Requiere más tiempo	1	4%	3	10%
Carga interrumpida antes del 85%	2	8%	6	20%
TOTAL	**24**		**30**	
DESGLOSE DE FALLOS				

La mayoría de las averías en Biarritz están relacionadas con la imposibilidad absoluta de cargar el BRT, lo que puede explicarse en parte por la configuración del sitio (la deformación de la calzada a menudo requiere el reposicionamiento del autobús). Para Baiona, la distribución entre las causas de averías es más heterogénea.

Con gran impacto en las operaciones

Los fallos en las estaciones de carga siempre tienen un impacto importante en las operaciones.

Estación	Descripción	Causas	Consecuencias	Acciones correctivas	Comentario
Ayuntamiento de Biarritz y Hauts de Baiona	Imposibilidad de cargar el autobús en la estación de carga	Fallos de comunicación recurrentes entre el BRT y el cargador (señal ruidosa) causando la prohibición o interrupción de carga *Otras causas quedan por identificar*	1 estación no disponible: Carga "salto" en uno de los terminales que lleva un tiempo de carga más largo en la otra terminal => retraso en los tiempos de viaje 2 estaciones no disponibles: inyección de autobús térmico en lugar del BRT eléctrico.	En vehículos: comprobación de la tensión del resorte de los pantógrafos, análisis del estado de los pines de contacto, tareas de mantenimiento preventivo En cargadores: Reemplazo de tarjetas de comunicación Auronik, Actualizaciones de software	**Problema no resuelto hasta la fecha** Esperando análisis de los registros de los procedimientos de carga realizados el 12/03/20 en BRT y cargadores de Biarritz y Baiona
Ayuntamiento de Biarritz	Imposibilidad de cargar el autobús en la estación de carga	Corrosión, vientos fuertes, entradas de agua en algunas canaletas técnicas (incidencia de este último punto no se ha comprobado por problemas de carga), problema de posición del BRT debajo del poste de carga (debido a que la calzada está hundida)	" Salto" de carga resultando un mayor tiempo de carga en Hauts de Baiona Retraso en los tiempos de viaje	Limpieza mensual de la cúpula del poste de carga de Biarritz (cuando las condiciones climáticas son favorables) **Reemplazo de la cúpula de Biarritz prevista para el verano de 2020** Instalación de un barniz anticorrosión.	**Problema no resuelto hasta la fecha** El Sindicato lamenta que no se hayan tenido en cuenta las condiciones climáticas especiales del sitio (cerca del océano) en el diseño de la estación

Sin impacto importante en las operaciones

El único fallo observado en la infraestructura de carga del depósito son los cortocircuitos en las conexiones de bus / cargador COMBO (5 incidentes hasta la fecha).

Aunque los daños materiales resultantes de estos incidentes son bastante importantes, hasta ahora no han dado lugar a un incidente importante en la operación, ya que el depósito está equipado con varios cargadores que pueden compensar la indisponibilidad de los equipos.

Órgano	Descripción	Causas	Consecuencias	Acciones correctivas	Comentario
Depósito de cargadores	Cortocircuito en la conexión COMBO resultante, expulsión de la toma COMO macho del cargador fuera de la toma COMBO hembra del autobús durante la carga	Presencia de agua en los conectores probablemente debido a un defecto de selladocausado por un micro agujero en la pistola	Cable de CC del cargador dañado **Indisponibilidad de cargador múltiples días**	Nueva impermeabilización del conector macho COMBO, sustitución de cables DC, recordatorio de las instrucciones de almacenamiento del enchufe macho para garantizar el IP (Índice de Protección)	Nota: agregar un fusible en el cargador está en estudio (29/04/20)

4.4 Mantenimiento

4.4.1 Organización

Como parte del acuerdo comercial, se firmó un contrato de “mantenimiento integral” entre el SMPBA e Irizar por un período de 15 años desde la entrada en servicio de la línea T1.

En cuanto a la organización, este servicio se refleja especialmente en la presencia en rotación (6 días a la semana) de 2 técnicos Irizar adscritos que realizan operaciones de mantenimiento de primer nivel y prestan asistencia técnica en caso de avería.

De esta forma, es posible tratar un cierto número de averías directamente en obra, aunque en los primeros días de funcionamiento se podrían deplorar las dificultades de comunicación entre KBA e Irizar en el movimiento ascendente y la gestión de informes.

El contrato de mantenimiento también incluye la provisión de acceso a una plataforma web, *iService® (Irizar e-movilidad),* accesible en ordenador, tableta o smartphone y dedicado a la gestión del servicio postventa del vehículo (uso, mantenimiento y reparación). Permite el acceso a la documentación técnica del vehículo y la compra de repuestos.

Hoy, SMPBA observa que esta plataforma es poco o nada utilizada por los equipos de mantenimiento de KBA. Esto puede explicarse por un lado por la falta de formación e información sobre la herramienta y por otro lado por la falta de necesidad real, siendo la gestión de repuestos y pedidos de repuestos para el momento proporcionado principalmente por técnicos de Irizar.

4.4.2 Plan de mantenimiento de vehículos

Respecto a los vehículos, Irizar realiza el mantenimiento de nivel 2 a 5 (excluidas las baterías), mientras que el mantenimiento de nivel 1 lo realizan los equipos de mantenimiento de KBA.

El plan de mantenimiento definido por Irizar enumera las intervenciones en cada componente del vehículo (chasis, puertas, tren motriz, rampa, asientos, etc.), es decir, unos 200 puntos clasificados según el nivel de mantenimiento, la duración de la intervención y la frecuencia de las revisiones.

*Fuente: (*Irizar, PLAN DE MANTENIMIENTO 18m FR, 2020)

En el caso de los vehículos eléctricos, el mantenimiento se considera menos engorroso que en los vehículos térmicos (mucho más complejo en términos de mecánica). Hasta la fecha no se tiene la perspectiva necesaria para evaluar este tema desde un punto de vista técnico y financiero.

En los primeros días de funcionamiento se realizan intervenciones en los vehículos bastante frecuentes, que requieren la llegada de técnicos de la planta de Irizar.

Nota: KBA tuvo que proporcionar a 15 técnicos de KBA la certificación eléctrica que permitiera operaciones cerca de partes activas.

4.4.3 Plan de mantenimiento de las baterías

El mantenimiento de las baterías de tracción (o UBP) también está asegurado por Irizar, todas las intervenciones en las baterías son del nivel 5.

El plan de mantenimiento definido por Irizar recoge las intervenciones en estos equipos, que consisten principalmente en planes de mantenimiento preventivo muy periódicos y la implantación de una carga lenta dos veces por semana.

*Fuente: (*Irizar, PLAN DE MANTENIMIENTO 18m FR, 2020)

Nota: Las UBP se tratan por separado. No fueron adquiridos por el SMPBA en virtud del contrato, pero están arrendados, con el objetivo de cambiar el riesgo asociado con una tecnología que aún no está madura en el fabricante. El costo del alquiler incluye, entre otras cosas, la renovación de las baterías en la mitad de la vida útil de los vehículos para garantizar que se mantenga el rendimiento.

4.4.4 Plan de mantenimiento de la infraestructura de carga

No está previsto el mantenimiento de las infraestructuras de carga, que constituyen instalaciones eléctricas de media y baja tensión por derecho propio, en el sentido de las normas francesas C13-100 y C15-100, que deben ser sometidas al menos a controles reglamentarios periódicos en el contrato de mantenimiento entre e Irizar.

Además, la ausencia de personal cualificado en la oficina del Delegado, ya que KBA no cuenta entre sus equipos con un número suficiente de electricistas profesionales o las titulaciones emitidas por un organismo de referencia (tipo *Qualifelec),* El mantenimiento de las infraestructuras de tarificación no está cubierto actualmente y deberá subcontratarse a un proveedor de servicios externo.

Este vacío en el contrato plantea interrogantes sobre la penetración cada vez más fuerte del modo eléctrico en el mundo del transporte, del cual no es el core-business, y la necesidad de integrarse, o planificarse en subcontratación, electricistas en equipos de mantenimiento, hasta la fecha integrados principalmente por mecánicos.

4.4.5 Supervisión

Hasta el día de hoy, la supervisión sigue siendo el punto negro del proyecto TRAMBUS: parcialmente inoperante, permanece inoperante y penaliza el diagnóstico de fallas rápido y eficiente. Está compuesto por 2 herramientas: una plataforma *iPanel®,* desarrollado por la filial Datik de Irizar, y una Dirección Técnica Centralizada, realizada por un proveedor de servicios externo, dedicado a la supervisión de todas las estaciones de la línea T1, incluidas las estaciones de carga.

iPanel

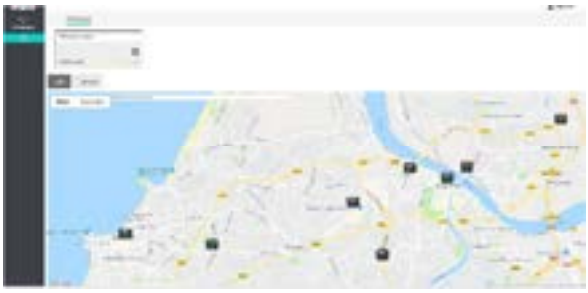
La herramienta *iPanel®* es una plataforma web que permite el monitoreo remoto de la flota de BRT, así como estaciones de carga lenta y rápida. Esta herramienta permite recuperar, entre otras cosas, posiciones, datos de kilometraje, consumos, velocidades y averías de los vehículos así como datos eléctricos de los cargadores (corriente, tensión, potencia, estado del cargador, alarma, averías, etc.).

Desde el vehículo, los datos se cargan a través de conexiones inalámbricas GPRS. En el caso de cargadores en línea y de depósito, la comunicación se realiza a través de redes dedicadas de fibra óptica.

En ambos casos, la información monitoreada teóricamente se envía a la plataforma en la nube de *iPanel* para procesamiento en tiempo real.

En la práctica, el reporte de datos BRT es poco fiable porque, a raíz de problemas de comunicación entre los autobuses y la plataforma web, parte de los kilómetros alcanzados y, en consecuencia, el consumo calculado que se generó, no se registró entre septiembre de 2019 y febrero de 2020. Aunque el problema se resolvió en marzo de 2020 (cambio de Dataloggers en todos los BRT), la pérdida de información se estima en varias decenas de miles de kilómetros.

La carga de datos de los cargadores en línea y en el depósito sigue sin funcionar a pesar del establecimiento de enlaces físicos desde finales de 2019. Hasta la fecha, Irizar y los proveedores de servicios de IT de KBA parecen seguir encontrando dificultades técnicas relacionadas con configuración de la red.



Ubicación del BRT en tiempo real

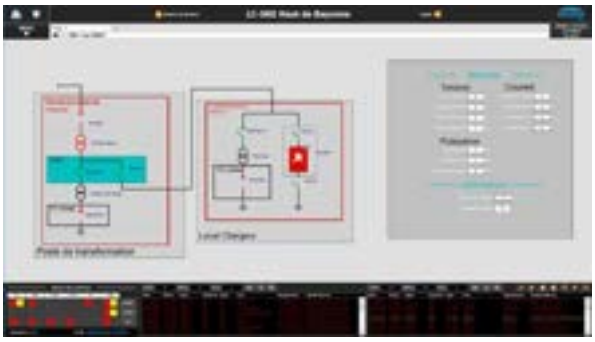
Lista de vehículos en operación

Gestión técnica centralizada

La Gestión Técnica Centralizada, implementada por la empresa Engie, como parte de la supervisión general de la línea TRAMBUS T1, permite la integración de datos de las estaciones de carga en línea así como de los cargadores en el depósito (mediante PLC concentradores conectados a la red de fibra óptica desplegada en la línea T1 y al depósito).

Esta GTC normalmente permite el monitoreo remoto de equipos eléctricos (posiciones de interruptores, estados de cargadores, medidas de voltaje y corriente, etc., fallas, etc.) en la estación de Control Command instalada en el depósito de Chronoplus pero hasta la fecha, por falta de los ajustes y configuraciones requeridos. , los datos no se generan.

Las vistas de supervisión se han creado pero no están activas.



Vista de las instalaciones de carga eléctrica de Hauts de Baiona

Vista de las instalaciones de carga eléctrica de Ayuntamiento de Biarritz

Vista de las instalaciones eléctricas de carga en el depósito

Listado de alarmas del cargador

4.5 Aspectos energéticos

La energía medida aquí es la electricidad consumida por los BRT durante un período de septiembre a diciembre de 2019.

El consumo de BRT se calcula a partir de las lecturas horarias de la potencia diaria extraída en 2019 comunicadas por el proveedor de energía GAZEL ENERGIE. El consumo de electricidad se expresa en MWh.

La gestión del contrato de suministro de energía está a cargo del Delegado del Syndicat des Mobilités (SMPBA).

Recordatorio: La energía es la suma de las cantidades de energía absorbida por unidad de tiempo. La potencia se expresa en kW y la energía en kWh. La potencia es una cantidad instantánea, mientras que la energía es la integral de la potencia a lo largo del tiempo y es acumulativa.

4.5.1 Recordatorio sobre el rendimiento del vehículo

En su informe técnico, Irizar proporciona varias simulaciones del desempeño del BRT asumiendo una ocupación diaria promedio de 67 personas (ocasionalmente 150 personas durante las horas pico). Las relaciones de consumo de un BRT expresadas en kWh / km para cada escenario climático se resumen en la siguiente tabla.

	Consumo (kWh / km)	**Condiciones climáticas**
Consumo a media carga	2,2-2,55 kWh / km	Clima medio (20-25 ° C)
Consumo a plena carga	2,6-3,2 kWh / km	Clima medio (20-25 ° C)
Consumo máximo en condiciones extremas y plena carga	3,7 kWh / km	Clima severo (T °> 35 ° C)

*Fuente: (*Irizar, 5-Anexo 5 - Sección Energía, 2016)

El caso de las bajas temperaturas no se aborda en el informe técnico de Irizar. En el resto del informe, consideraremos que el consumo invernal es idéntico al dado para condiciones climáticas severas con una T °> 35 ° C (uso de calefacción equivalente al de aire acondicionado en términos de consumo de auxiliares).

4.5.2 Consumo de energía en el depósito

El consumo eléctrico de los 10 BRT de la T1 al depósito se ha extrapolado de la declaración de retirada del punto de entrega (PDL) ubicado en el depósito de Chronoplus, establecido por el proveedor de energía GAZEL ENERGIE para el año 2019.

Este PDL abastece a todas las instalaciones eléctricas del depósito y no cuenta con un dispositivo de medida diferenciado entre los BRT y el resto de consumidores eléctricos. Teniendo en cuenta que los BRT se recargan mayoritariamente por la noche y que el resto de la actividad en el depósito está parada, en el cálculo del consumo eléctrico solo se utilizaron las potencias retiradas entre las 19:00 y las 5:00 horas inclusive.

Además, en el cálculo del consumo eléctrico solo se tuvo en cuenta la potencia retirada entre julio y diciembre de 2019, habiéndose finalizado la entrega de los BRT al depósito en julio.
2019. La llegada de un BRT al depósito coincide con el inicio de su retirada de energía.

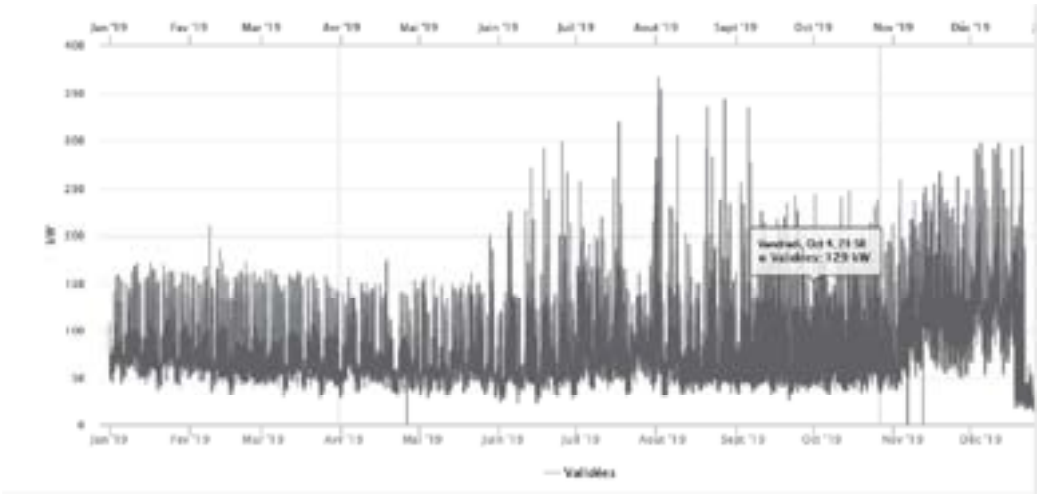
Importante: En 2019, el depósito solo estaba equipado con 2 cargadores dobles y 1 cargador único, lo que significaba que de los 10 BRT en la línea T1, solo 1 de cada 2 se recargaba cada noche, para un total de 5 cargas simultáneas. La situación es diferente en 2020, debido a la entrada en servicio de la ampliación del depósito, equipado con 9 cargadores dobles que permiten la recarga simultánea de 18 BRT (8 BRT adicionales para T2 entregados a principios de 2020).

Nota: Las aproximaciones, necesarias debido a la falta de datos suficientes en 2019, se perfeccionarán a partir de 2020 gracias a la medición de energía dedicada a los BRT instalados en la nueva ampliación del depósito.

Análisis de potencia suministrada en el depósito

La curva mixta de energía extraída medida con un paso de 10 minutos (datos de GAZEL ENERGIE) a continuación muestra un fuerte aumento en la demanda de energía entre junio y septiembre de 2019 en comparación con la primera mitad de 2019, luego una especie de estabilización en una meseta de octubre a diciembre de 2019.

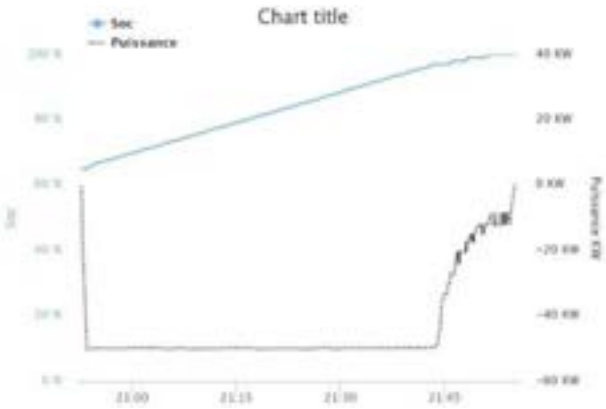
Si bien en esta etapa es difícil decir que los picos de potencia se deben únicamente a la recarga de los buses eléctricos, no obstante, parece que ocurren con una cierta periodicidad diaria (observada en la noche) que puede corresponder al final de los servicios y carga de vehículos.



Curva mixta de energía suministrada en el depósito en 2019

Además, el estudio de la curva de carga típica de una carga lenta muestra que incluye una fase de carga a plena potencia (aquí 50 kW) y luego una fase de equilibrio durante la cual la potencia entregada por el cargador disminuye gradualmente hasta alcanzar un valor cero cuando el SOC del vehículo alcanza el 100%

La fase de equilibrio se produce al final de la carga y tiene como objetivo volver a equilibrar los voltajes entre cada celda que constituye el paquete de baterías para no causar un desequilibrio de voltaje entre las celdas que podría conducir a un desgaste prematuro del paquete.



Ejemplo de curva de carga del cargador ECID50P CH3 realizada el 09/06/20

- Duración: 1h02min40s
- SOC inicial: 65%
- SOC final 100%

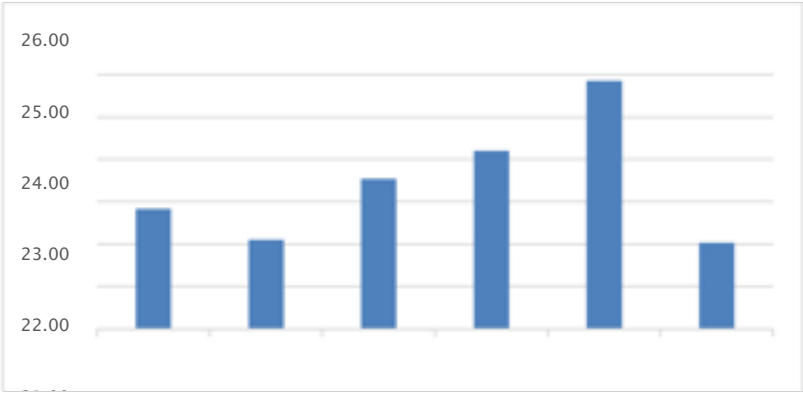
Nota: La duración promedio de las cargas varía de una a varias horas, dependiendo de su SOC inicial de las baterías BRT.

Análisis de consumo energético en el depósito

Consumo medio de energía estimado por mes en depósito de septiembre a diciembre de 2019 es **22, 43 MWh.**

Consumo total de energía estimado de BRT en el depósito es **134,56MWh.**

	Energía (MWh)
Julio 2019	21,83
Agosto 2019	21.11
Septiembre 2019	22,53
Octubre 2019	23,19
Noviembre 2019	24,86
Diciembre 2019	21,04
TOTAL	**134,56**



Evolución del consumo mensual de electricidad en el depósito

Nota: Las potencias utilizadas para calcular la energía consumida fueron ponderadas por la relación entre la potencia instalada dedicada a BRT y la potencia instalada dedicada a lanzaderas eléctricas no BRT. Esta proporción es de alrededor del 60% de BRT y del 40% de lanzaderas eléctricas.

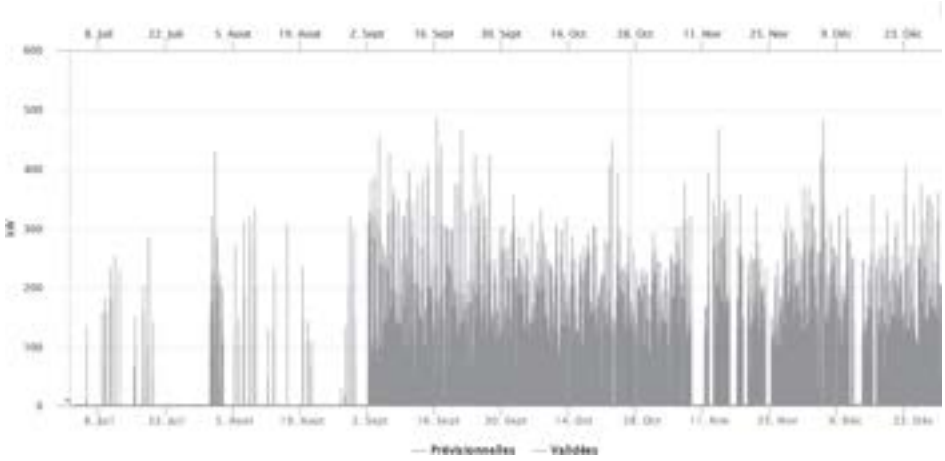
4.5.3 Consumo de energía en la línea

El consumo eléctrico de los BRT en la línea se ha calculado a partir de los puntos de entrega (PDL) ubicados en las estaciones del ayuntamiento de Biarritz y Hauts de Bayonne (datos GAZEL ENERGIE).

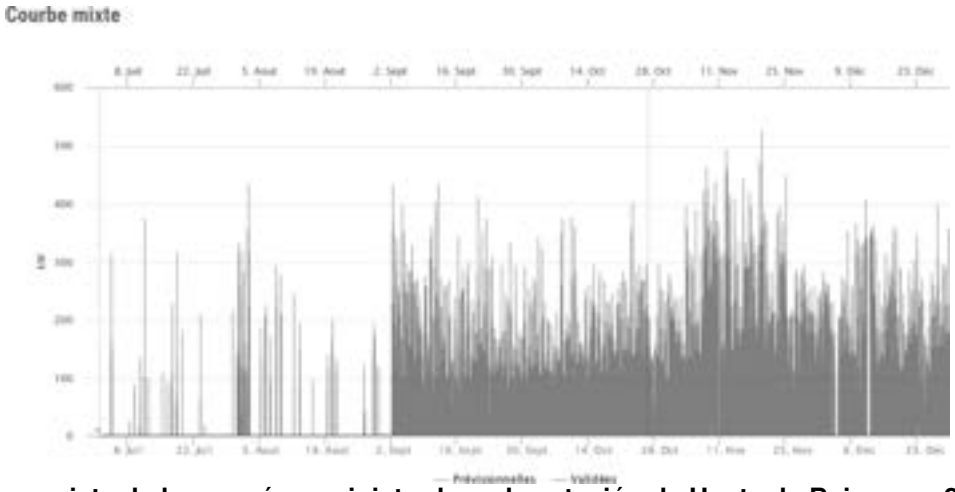
Estos PDL están dedicados a la infraestructura de carga BRT y tienen su propio sistema de medición. Todos los valores se tienen en cuenta en los cálculos.

Análisis de energía en la línea

Las siguientes curvas mixtas de potencia extraída medidas con un paso de 10 minutos (datos de GAZEL ENERGIE) muestran llamadas de potencia esporádicas en julio y agosto que corresponden a las fases de prueba y ejecución en blanco, seguidas de una densificación de las llamadas de potencia. A partir de septiembre de 2019, mes que corresponde a la entrada en servicio de la línea T1 con una frecuencia de 15 minutos.



Curva mixta de la energía suministrada en la estación del Ayuntamiento de Biarritz en 2019



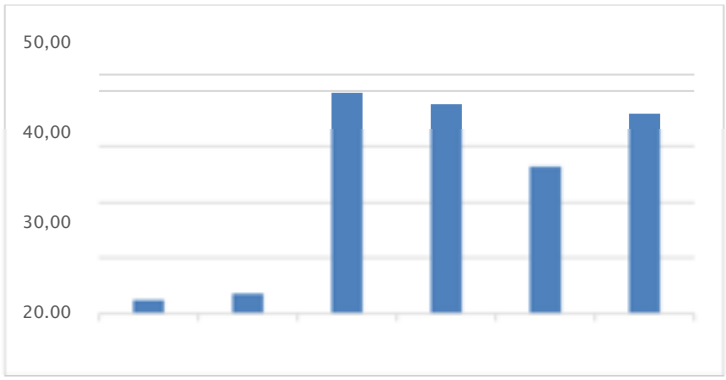
Curva mixta de la energía suministrada en la estación de Hauts de Baiona en 2019

Análisis de consumo energético en la línea

El consumo medio de electricidad por mes en la estación del Ayuntamiento de Biarritz de septiembre a diciembre de 2019 es **34,9 MWh** con una disminución en noviembre, lo que parece atestiguar una disminución en el número de cargas en esta estación,
sin poder identificar las causas hasta la fecha.

El consumo eléctrico total de la estación Ayuntamiento de Biarritz en 2019 es **145,74MWh.**

	ENERGÍA (MWh)
Julio 2019	2,42
Agosto 2019	3,58
Septiembre 2019	39,68
Octubre 2019	37,63
Noviembre 2019	26,42
Diciembre 2019	36,00
TOTAL	**145,74**

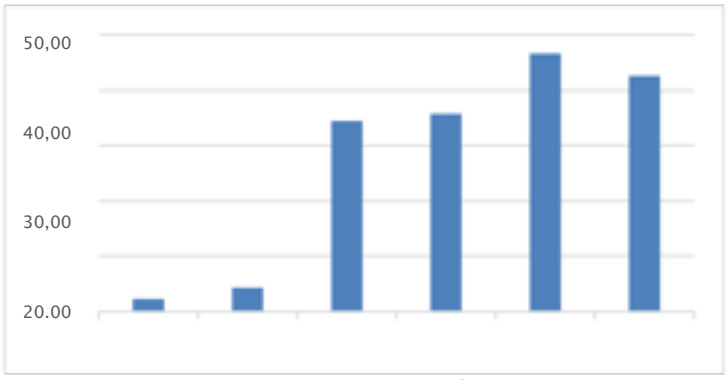


Evolución del consumo mensual de electricidad en la estación del Ayuntamiento de Biarritz

El consumo medio de electricidad por mes en la estación de Hauts de Bayonne de septiembre a diciembre de 2019 es **39,95 MWh** con un incremento en noviembre, que parece estar ligada a la disminución del número de cargas en la estación del Ayuntamiento de Biarritz ya una mayor demanda de energía en Hauts de Bayonne. De hecho, al no haber podido recargar los autobuses en la terminal opuesta, consumen más en Hauts de Bayonne para compensar una descarga más profunda.

El consumo total de electricidad de la estación de Hauts de Bayonne en 2019 es **166,39MWh.**

	ENERGÍA (MWh)
Julio 2019	2,29
Agosto 2019	4.32
Septiembre 2019	34,57
Octubre 2019	35,84
Noviembre 2019	46,68
Diciembre 2019	42,69
TOTAL	**166,39**



Evolución del consumo mensual de electricidad en la estación de Hauts de Baiona

Nota: Las potencias utilizadas para el cálculo de la energía consumida han sido ponderadas por la relación entre la potencia instalada dedicada al cargador y la potencia instalada dedicada a los auxiliares. Esta proporción es de aproximadamente un 85% de cargadores y un 15% de auxiliares.

4.5.4 Comparación de datos

El consumo de energía de los BRT en la línea T1 se estima en **447MWh** durante 4 meses de funcionamiento en 2019 (datos del proveedor de energía GAZEL ENERGIE).

En comparación, el consumo de energía de los BRT informado en la herramienta de supervisión iPanel durante el mismo período, asciende a **196MWh (es** decir, una diferencia del 56% en comparación con el consumo medido por el proveedor de energía).

Para obtener la tasa de consumo promedio de un BRT, es recomendable hacer una referencia cruzada de estos datos con el kilometraje total recorrido por el BRT durante el período estudiado; de: **155.594 kilómetros (**datos del Sistema de Ayuda a la Explotación SAE).

Comparación del dato de consumo de un vehículo por km según las fuentes de datos

	Consumo facturado (GAZEL ENERGÍA)	Consumo monitoreado (iPanel)	Consumo teórico (datos del fabricante / km)		
			Condiciones climático medio (20-25 ° C) a media carga	Condiciones climático medio (20-25 ° C) completamente cargado	Condiciones climático severa (T °> 35 °C) y carga completa
Consumo total (MWh)	**447**	196	397	498	576
Tasa promedio (kWh / km)	2,87	1,26	2,55	3.2	3,7

Según el enfoque adoptado para establecer los balances energéticos, los valores obtenidos difieren, sin embargo, parecería que se subestima el consumo medido por Irizar.

Especialmente porque se ha encontrado que una cierta cantidad de datos relacionados con el consumo y kilometraje de BRT, monitoreados a través de la herramienta de supervisión iPanel, se han perdido debido a problemas de comunicación y sincronización, lo que puede explicar la clara diferencia entre los datos del proveedor de energía y los datos del fabricante.

A la fecha, dadas las incertidumbres que existen sobre la estimación del consumo en el depósito y la falta de fiabilidad de la herramienta de seguimiento iPanel, el consumo total se puede estimar en
447 MWh a partir de los datos del proveedor de energía. Este consumo se encuentra dentro del intervalo de datos del fabricante. Es un 11% superior al consumo teórico en condiciones climáticas medias (20-25 ° C) a media carga y un 10% inferior al consumo teórico en condiciones climáticas medias (20-25 ° C) a plena carga.
En vista de lo anterior, los primeros elementos tienden a mostrar que el consumo real está relativamente cerca del consumo esperado. No obstante, es aconsejable observar los perfiles de consumo durante un período más largo.

4.6 Aspectos ambientales

Desde un punto de vista medioambiental, la principal ventaja de los BRT radica en el hecho de que generan pocas o ninguna emisión en funcionamiento, a diferencia de los vehículos térmicos convencionales ("de la bomba a la rueda").

Sin embargo, su huella de carbono no es neutra porque la extracción y transformación de los materiales utilizados para su fabricación, así como los combustibles fósiles utilizados para producir la electricidad que consumen, son los responsables de una determinada cantidad de emisiones de carbono. Gas de efecto invernadero (GEI) que debe cuantificarse.

4.6.1 Dato de referencia

La realización de la huella de carbono de TRAMBUS "del pozo a la rueda" se basa en los datos y la metodología del Base de carbono ADEME, así como la versión de septiembre de 2018 del Información de GEI para servicios de transporte editado por el Ministerio de Transición Ecológica y Solidaria.

Las emisiones de GEI de los BRT se calculan utilizando un factor de emisiones general, expresado en tonelada equivalente de CO 2, que incluye los principales GEI (CO 2, CH 4, NO 2 O, SF 6) caracterizados por su respectiva potencia de calentamiento global (GWP) (valores de 5 th Informe GIEC) y reducido en toneladas de CO 2 equivalente (*Fuente:* ADEME)

Los factores de emisión de GEI, establecidos por modo de transporte y tipo de motor utilizado como base para el cálculo de los balances de GEI de los BRT, se desglosan de la siguiente manera:

- un valor en la fase upstream, correspondiente a la extracción, procesamiento y repostaje del combustible,
- un valor en la fase de funcionamiento correspondiente a las emisiones vinculadas a la combustión del combustible durante el funcionamiento del vehículo.

Extracto de la tabla de factores de emisión de fuentes de energía – Guía de transporte de personas

Naturaleza de la fuente energía	Tipo detallado de la fuente de energía	Unidad de medida la cantidad de fuente de energía	Factor de emisión (kg de CO 2 por unidad de medida de la cantidad de fuente de energía)		
			Fase aguas arriba	Fase operación	Total
Electricidad	**Consumido en Francia metropolitana (excluida Córcega)**	**Kilovatio hora**	**0,048**	**0.000**	**0,048**

Extracto de la tabla de factores de emisión de combustible

Transporte colectivo de personas por carretera

Naturaleza de fuente energía	Tipo detallado de la fuente energía	Unidad de medida de número de fuente energía	Factor de emisión (kg de CO2 por unidad de medida de la cantidad de origen energía)		
			Fase aguas arriba	Fase operación	Total
Diésel	**Diésel de carretera**	**Litro (ℓ)**	**0,66**	**2.51**	**3,17**

*Fuente: (*MTES, 2018)

4.6.2 Evaluación de GEI de TRAMBUS

El establecimiento del balance de GEI de TRAMBUS y la comparación con vehículos térmicos se realizaron a partir de los datos enumerados en las tablas antes mencionadas (*electricidad consumida en Francia continental* y *diésel de carretera).*

En 2019, a kilometraje equivalente, el saldo de GEI de TRAMBUS en circulación en la línea T1 es **21 toneladas de CO2 equivalente** en contra **217 toneladas de CO2 equivalente** para los autobuses estándar que funcionan con diésel, una reducción de casi el 90% en las emisiones de GEI.

Tipo de vehículo	Kilometraje total	Consumo total (MWh o L)	Consumo promedio (kWh / km)	Emisiones de GEI total (tCO2e)
BRT	**155.594 km**	447 MWh	2,87 kWh / km	**21 tCO2e**
Autobuses estándar	**155.594 km**	68,461 L	0,44 l / km	**217 tCO2e**

4.6.3 Diversos contaminantes ambientales

Aunque no se cuantifica en este párrafo, el TRAMBUS también contribuye en parte a la reducción de cierta contaminación ambiental.

Participan en particular en la mejora de la calidad del aire ya que prácticamente no emiten contaminantes atmosféricos (partículas finas, Compuestos Orgánicos Volátiles, monóxido de carbono, etc.), confort acústico (vehículos silenciosos) y confort olfativo (eliminación de gases de escape).

4.7 Resultados en Baiona

Estas son las cifras de los primeros 6 meses de funcionamiento del TRAMBUS:

	Cifras clave3
Consumo medio del fabricante	Entre 2,2 - 3,7 kWh / km
Consumo real	2,87 kWh / km
Reducción de emisiones de GEI	- 90%
Kilómetros recorridos	155.594 km
Número de expediciones o trayectos completados	23.880
Tasa de disponibilidad	84,21%
Tasa de puntualidad en pasajes en paradas	65,26%
Velocidad comercial promedio (febrero de 2020)	17,73 kilómetros por hora
Tiempo promedio de viaje (febrero de 2020)	43 minutos y 24 segundos
Número de viajes realizados	1.084.215

Debido a su tecnología innovadora, el lanzamiento de la línea TRAMBUS T1 fue un verdadero desafío y coloca a la red Chronoplus como una de las pioneras en electromovilidad.

Aunque el cumplimiento de la fecha de puesta en servicio ha sido un éxito relativo y el servicio ahora es apreciado por los usuarios, la operación actual de la línea no es 100% satisfactoria, y aún debe consolidarse y mejorar su fiabilidad.

Ahora es imperativo aprovechar la experiencia adquirida para garantizar un despliegue más exitoso de la línea TRAMBUS T2 y brindar un servicio de mejor calidad.

Hace casi cinco años, el SMPBA hizo la apuesta por la movilidad eléctrica al optar por desplegar BRT eléctricos en dos de sus líneas de la estructura de su red Chronoplus.

Desde el punto de vista climático y atmosférico, puede estar satisfecho con haber iniciado una política de descarbonización de su flota sustituyendo los vehículos diésel por vehículos de cero emisiones. *En circulación (*el Análisis de Ciclo de Vida completo aún por hacer). Por otro lado, para estar completamente tranquilo en su elección, es necesario seguir trabajando con el sistema BRT que todavía tiene muchas incertidumbres en comparación con las tecnologías de motores térmicos maduros, para estudiar en detalle y durante varios años el consumo real de energía y el ahorro potencial y, sobre todo, para aclarar la cuestión de la segunda vida y el fin de la vida útil de las baterías.

5. CONCLUSIONES FINALES (SMPBA & DBUS)

Tras las primeras experiencias con autobuses 100% eléctricos en las ciudades de Baiona y San Sebastián, el SMPBA y DBUS han acordado conclusiones compartidas en referencia a la implantación de estos vehículos sus las flotas de autobuses urbanos.

1) Actualmente, en el año 2020, la tecnología de autobuses 100% eléctricos plantea soluciones distintas en función del tipo de vehículo. Para autobuses de 12 metros se consolida el uso de autobuses 100% eléctricos con baterías embarcadas más grandes y costosas para ser recargadas por las noches en las instalaciones de los operadores, donde los autobuses deben permanecer al menos el tiempo necesario para realizar la recarga (unas 4-5 horas). Para autobuses de 18 metros se opta por una solución en la que las baterías embarcadas son más pequeñas y económicas, pero que deben ser recargadas constantemente en las paradas terminales de las líneas 100% eléctricas, donde es necesario que los autobuses dispongan de un mínimo tiempo de espera o regulación para poder realizar la recarga prevista (unos 5-6 minutos).

2) Una clave importante para dar validez a estas tecnologías de los autobuses 100% eléctricos es la propia organización interna del operador de transporte. Por ejemplo, en el caso de DBUS es inviable actualmente disponer de esos 5-6 minutos en las paradas terminales de las líneas de autobuses de 18 metros, ya que los tiempos de recorridos están muy optimizados para que no queden tiempos muertos excesivos en las paradas terminales, ya que los conductores disponen de un tiempo de descanso específico en la parte central de su jornada. En cambio, en el operador dependiente del SMPBA, el tiempo de recorrido de las línea de autobús 100% eléctrico (Trambus) existen holgura suficiente en las paradas terminales para realizar las recargas de estos vehículos 100% eléctricos.

   En el caso de que DBUS tuviera que implementar autobuses 100% eléctricos en sus líneas de autobuses de 18 metros, sería necesario incrementar los costes de operación en un 15%. Por ejemplo, en el caso de la línea 28, operada por 9 autobuses, al necesitar 5-6 minutos para realizar las recargas en las paradas terminales, sería necesario incorporar un vehículo adicional, con un coste adicional de 400.000€ anuales, sólo por elegir esta tecnología de autobuses 100% eléctricos de 18 metros.

3) En cualquier caso, los vehículos 100% eléctricos suponen beneficios medioambientales evidentes, evitando la emisión de en torno a 100 Tn CO2 anuales por vehículo, mejorando la calidad del aire de la ciudad, aparte de reducción del ruido de forma importantísima también.

4) Se constata una mejora de la tecnología de baterías entre el 2016 y el 2020. En el caso de la experiencia de DBUS cuyos primeros autobuses 100% eléctricos (de 12 metros) comenzaron a operar en el año 2016 con baterías Zebra Na-Cd, éstas necesitaban de 8 horas de carga nocturna para alcanzar autonomías de 210 km y 16 horas de operación. El punto negativo de las mismas ha sido su vida útil, ya que se han degradado en 3 años, cuando la previsión era de 5-6 años.

Por ello, en el año 2020, al tener que sustituir en esos autobuses las baterías por otras nuevas, se ha decidido hacerlo por baterías de nueva generación Ion-Litio, teniendo además que realizarse otras adaptaciones en los propios autobuses. Estas nuevas baterías tienen garantizada una vida útil de 7 años, se recargan por la noche en 5 horas y alcanzan autonomías de 250 km y 16 horas de operación.

5) En el caso de ciudades donde las velocidades comerciales del transporte público son del entorno de los 17 km/h, como en el caso de San Sebastián, la autonomía de las baterías debe alcanzar los 250-300km si los autobuses operan entre 16-19 horas. Esto exige mucho a las baterías, ya que deben exprimirse al máximo, sin comprometer la vida útil de las mismas. En el caso de ciudades como Madrid o Barcelona, donde las velocidades comerciales son del entorno de los 12-13 km/h, las baterías deben alcanzar autonomías de 220 km en esos 16-19 horas, que ya se pueden hacer con los autobuses 100% eléctricos con las baterías Ion-Litio.

6) DBUS necesita que se sigan mejorando las prestaciones de las baterías para que, además de tener una vida útil de esos 7-8 años, puedan alcanzarse autonomías de hasta 300km con 16-19 horas de operación, recargas nocturnas en 4 horas, tanto en los autobuses 100% eléctricos de 12 metros como en los autobuses 100% eléctricos de 18 metros. Este es el verdadero reto de los fabricantes de los autobuses 100% eléctricos, para conseguir que estos tengan las mismas prestaciones que los autobuses diésel.

7) Sobre el tema del coste de los autobuses, actualmente en 2020, el coste de autobús 100% eléctrico de 12 metros (750.000€) es el triple que el de un autobús diésel (250.000€), considerando que las baterías pueden durar esos 7 años previstos. El precio de los autobuses eléctricos debería ir reduciéndose en los próximos años, al igual que el coste de las baterías (200.000€ para las baterías de los autobuses 100% eléctricos de 12 metros), de forma que a lo largo de la vida del autobús (13-14 años) los costes totales del autobús (compra, mantenimiento y combustible-electricidad) se equiparen y sean similares. Esto todavía no está ocurriendo, por lo que el coste que soportan los operadores con la adquisición de autobuses eléctricos ahora mismo es mucho mayor, y esto tiene mucho impacto en los presupuestos de las empresas de los operadores de transporte.

   El coste de un autobús 100% eléctrico de 18 metros (1.000.000€) es el triple que el de un autobús diésel de 18 metros (325.000€), considerando que las baterías pueden durar esos 7 años previstos. Las baterías de los autobuses 100% eléctricos de 18 metros con cargas en paradas terminales son más pequeñas y económicas, del entorno de los 100.000€, pero cada estación de recarga en parada tiene un coste de 300.0000€.

8) Los autobuses 100% eléctricos que se recargan en paradas terminales son poco flexibles, y no pueden utilizarse de forma adecuada en líneas que no disponen de estaciones de carga, ni en servicios especiales en días de eventos con afluencia masiva de usuarios de transporte público, ya que cada cierto tiempo van a necesitar realizar una recarga de sus baterías.

9) Las experiencias en San Sebastián y Baiona con los autobuses 100% eléctricos de 18 metros con carga en paradas terminales han desvelado diversos problemas en estas operaciones de recarga, que han supuesto dar un mal servicio a los usuarios, bien por tener que realizar expediciones con retraso o incluso por tener que sustituir el autobús 100% eléctrico por otro autobús diésel para continuar el servicio. En los últimos 2 años, desde que se testeó en San Sebastián, a la actualidad en la que opera en Baiona, ha mejorado bastante el proceso de recarga, pero todavía debe mejorar más para dar un servicio de calidad a los usuarios del transporte público.

10) En el caso de San Sebastián y de DBUS la apuesta es clara: autobuses 100% eléctricos con carga nocturna en las instalaciones del operador, y se podrá completar toda la flota con autobuses eléctricos en cuanto la tecnología de baterías alcancen autonomías de 300 km y 19 horas de operación, realizando la carga nocturna en 4 horas y manteniendo la vida útil de las baterías en 7-8 años.

11) En el caso de Baiona, el SMPBA está actualmente reflexionando sobre la definición de la combinación energética de sus flotas de vehículos para los próximos años, teniendo en cuenta sus obligaciones reglamentarias (en 2025, el 100% de los vehículos de transportes públicos deberán de ser de bajas emisiones en aglomeraciones de más de 250.000 habitantes). Por tanto, el SMPBA no descarta, además de la electricidad, recurrir al bioGnV o al hidrogeno. A corto plazo está previsto, por un lado, desplegar una segunda línea Trambus equipada con vehículos eléctricos Irizar de 18m y estaciones de carga rápida en paradas terminales, y, por otro lado, incorporar autobuses eléctricos de full autonomy de 12m en una de las líneas principales de la red de transporte urbano Chronoplus para 2021-2022.

12) Desde el punto de vista de los usuarios del transporte público y de los ciudadanos en general tanto de San Sebastián como de Baiona, la implantación de los autobuses 100% eléctricos ha supuesto para ellos una gran satisfacción, tanto en prestaciones, como bajas emisiones y ruidos, confort e imagen.