

ACTUATE



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

Versión: 27.11.2014

actuate



ACTUATE

«Advanced Training and Education for Safe Eco-driving of Clean Vehicles»

Traducción: «Formación para una conducción segura y eficiente de vehículos eléctricos»

Más información en <http://www.actuate-ecodriving.eu/>



- Proyecto de **optimización de la conducción para reducir el consumo energético**
 - Desarrollo de programas y medidas de formación generales para la conducción eficiente de vehículos eléctricos en el transporte público local de pasajeros.
 - El conductor es el eje central de una conducción eficiente.
 - Las campañas complementarias de motivación garantizan que los conductores sigan aplicando lo que han aprendido durante la formación.



Consorcio ACTUATE

- El consorcio de ACTUATE está formado por:
 - cinco operadores de medios de transporte urbanos de **Salzburgo** (Salzburg AG, Austria), **Brno** (DPMB, República Checa), **Parma** (TEP S.p.A, Italia), **Leipzig** (LVB, Alemania) y **Eberswalde** (BBG, Alemania), que ya utilizan vehículos eléctricos,
 - Leipziger Aus- und Weiterbildungsbetrieben (**LAB**),
 - el fabricante belga de autobuses **Van Hool** y
 - **trolley:motion**, la asociación internacional para la promoción de sistemas de autobuses eléctricos sin emisiones e innovadores (Austria).
 - El coordinador del proyecto es **Rupprecht Consult** (Alemania)



Contacto

■ Rupprecht Consult – Forschung & Beratung

Dr. Wolfgang Backhaus

Clever Straße 13-15

50668 Köln/ Germany

Tel.: +49/221/606055-19

Correo electrónico: w.backhaus@rupprecht-consult.eu

Sitio web: www.rupprecht-consult.eu

■ Salzburg AG

Energía, transporte y telecomunicaciones

Salzburger Lokalbahnen

DI Christian Osterer

Plainstraße 70

5020 Salzburg/ Austria

Tel.: +43/662/4480-1500

Correo electrónico: salzburger_lokalbahnen@salzburg-ag.at

Sitio web: www.slb.at

Los autores son responsables exclusivos del contenido de esta presentación. Esta presentación no refleja necesariamente la opinión de la Unión Europea. Ni EASME ni la Comisión Europea aceptan ninguna responsabilidad por la utilización de la información aquí contenida.



Formación inicial y formación complementaria

■ Formación inicial

Obligatoria para todos los conductores profesionales antes de ejercer la profesión

■ Formación complementaria

Durante el ejercicio de la actividad profesional se debe acreditar la formación complementaria

■ La directiva 2003/59/CE prevé la siguiente estructura para la formación complementaria:

- Treinta y cinco horas de formación complementaria en cinco años
- En la mayoría de los países de la UE, la formación adicional se divide en unidades de siete horas por año

■ El presente material se puede utilizar para impartir la unidad de formación complementaria sobre «Conducción eficiente».



Estructura de la formación complementaria

- Introducción y funcionamiento del trolebús
- Conducción práctica: parte 1
- Estilo de conducción eficiente con un trolebús
- Conducción práctica: parte 2
- Aspectos de seguridad en los trolebuses
- Información importante



Introducción



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

actuate



Conducción eficiente en servicios regulares

- La conducción eficiente en servicios regulares implica:
 - conducir con eficiencia energética,
 - con poco desgaste y
 - de forma respetuosa con el medio ambiente.

- La conducción eficiente contribuye a:
 - la protección del medio ambiente,
 - la ausencia de estrés para el conductor y los pasajeros,
 - la reducción de los costes energéticos y de mantenimiento.



Los tres mandamientos de la conducción eficiente

■ Seguridad

La seguridad está por encima de todo lo demás

■ Puntualidad

La puntualidad es un requisito de los servicios regulares e implica que no se debe abandonar una parada demasiado pronto ni demasiado tarde

■ Eficiencia

La conducción eficiente significa reducir al mínimo el consumo de energía y proteger el vehículo, teniendo en cuenta la seguridad y la puntualidad



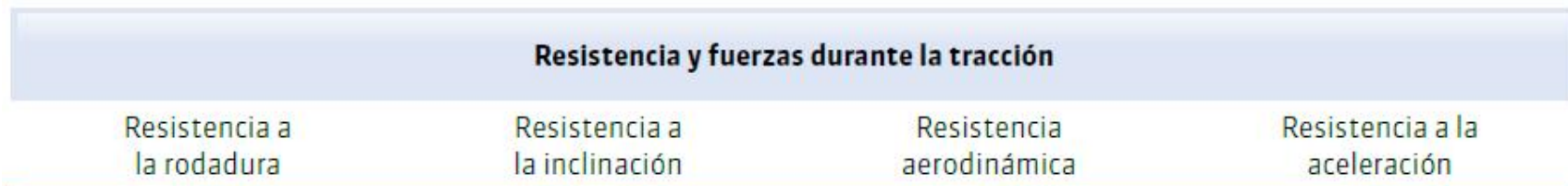
Fuentes de energía: vehículos eléctricos

- Utilización de la energía eléctrica disponible procedente de fuentes de energía renovables.
- Ausencia de pérdidas debidas a la conversión durante la obtención de energía a partir de fuentes de energía renovables
(al contrario que durante el proceso de refinado de la gasolina y el gasóleo)
- Ausencia de emisiones a nivel local
- Posibilidad de recuperar energía durante el frenado
- Eficiencia de hasta el 99 % en los motores eléctricos y solo de hasta el 35 % en los motores diésel
(esto incluye los motores de gasolina y de gas)
- **Los sistemas eléctricos de propulsión son respetuosos con el medio ambiente y casi no generan ruido**



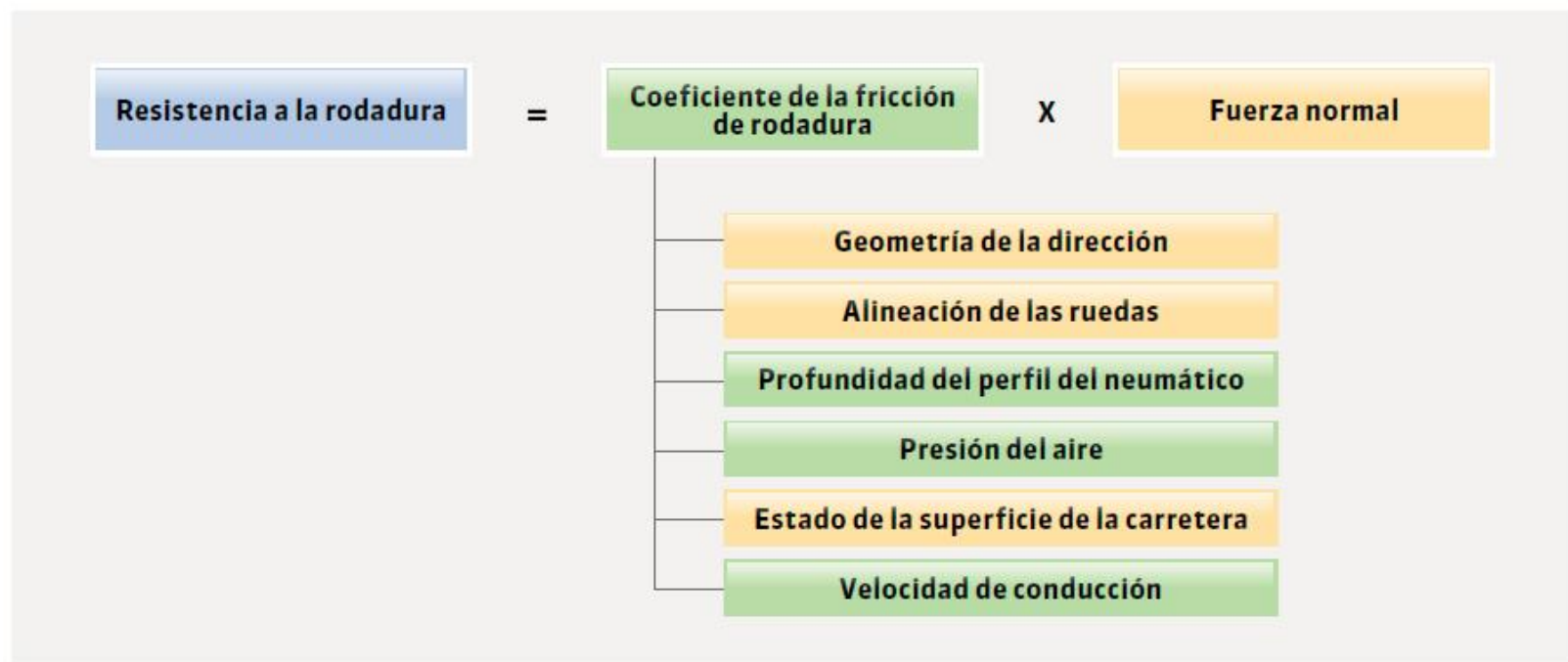
Fuerzas y resistencias durante el desplazamiento

- La resistencia a la traslación está presente durante todo el desplazamiento del vehículo
- El sentido de la fuerza resultante es contrario al del desplazamiento y frena el movimiento
- La fuerza motriz del motor necesaria para vencer la resistencia a la traslación tiene una gran influencia sobre el consumo de energía
- Durante el desplazamiento actúan las siguientes fuerzas y resistencias



Resistencia a la rodadura (1/3)

- Depende de las fuerzas de rozamiento y de la fuerza normal (peso del vehículo)



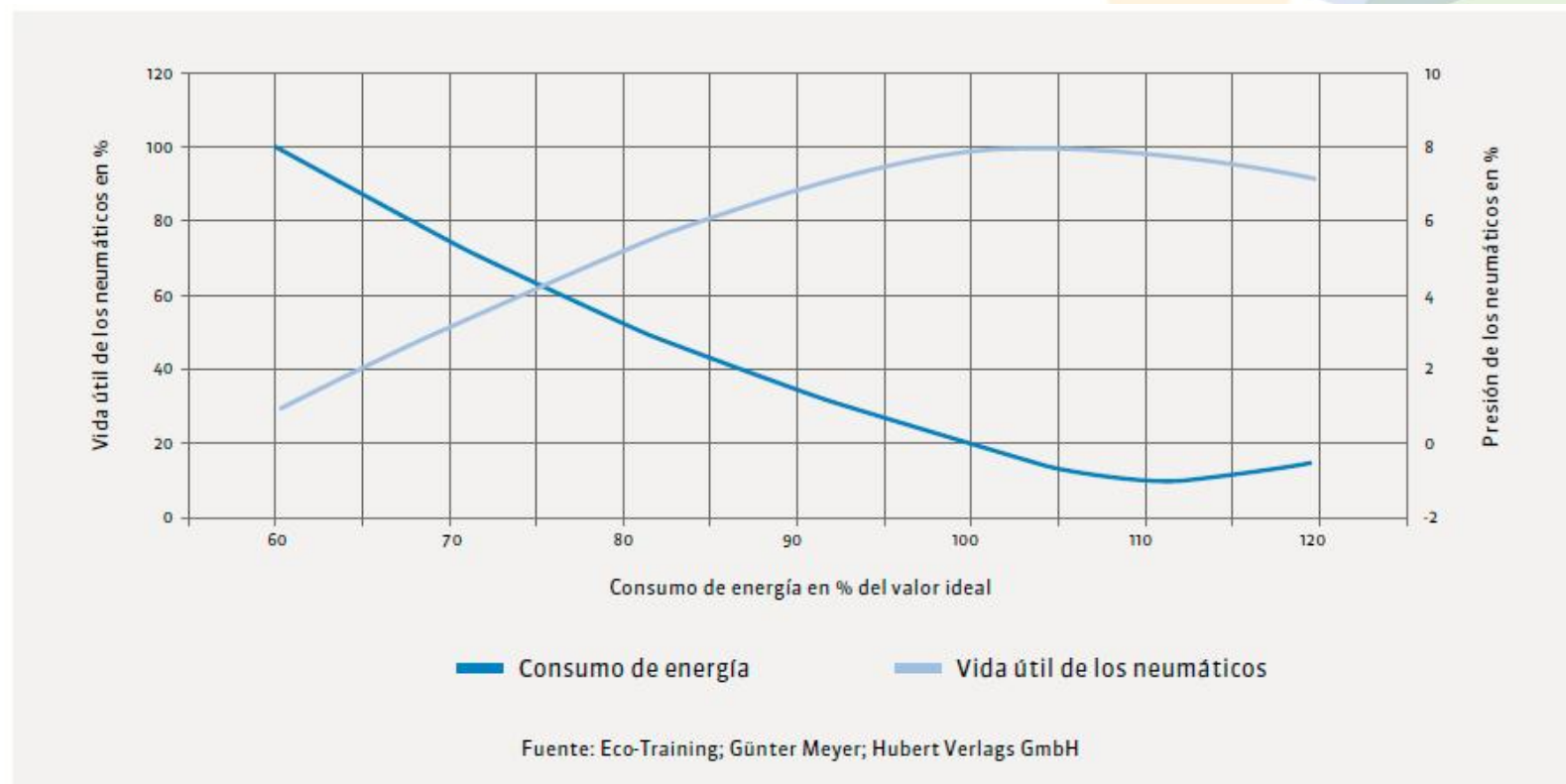
Resistencia a la rodadura (2/3)

- Factores que influyen en los coeficientes de rozamiento de rodadura:
 - Perfil de los neumáticos (neumáticos de invierno o de verano)
desde el 1 de noviembre hasta el 15 de marzo en Austria es obligatorio que los autobuses utilicen los neumáticos de invierno
 - Presión de los neumáticos
Una presión de los neumáticos elevada reduce la resistencia a la rodadura, pero también perjudica a la adherencia del neumático y a la comodidad de marcha, mientras que una presión reducida aumenta la resistencia a la rodadura y el desgaste de los neumáticos, y puede hacer que los neumáticos se quemen.
 - Velocidad de conducción



Resistencia a la rodadura (3/3)

- Influencia de la presión de los neumáticos sobre el consumo de energía y el desgaste



Resistencia a la subida

- Representa la fuerza necesaria para superar una diferencia de altura en sentido ascendente

$$\text{Resistencia a la inclinación} = \text{Masa del vehículo} \times \text{Gravedad } (=9,81\text{m/s}^2) \times \text{Coseno de la pendiente de la carretera}$$

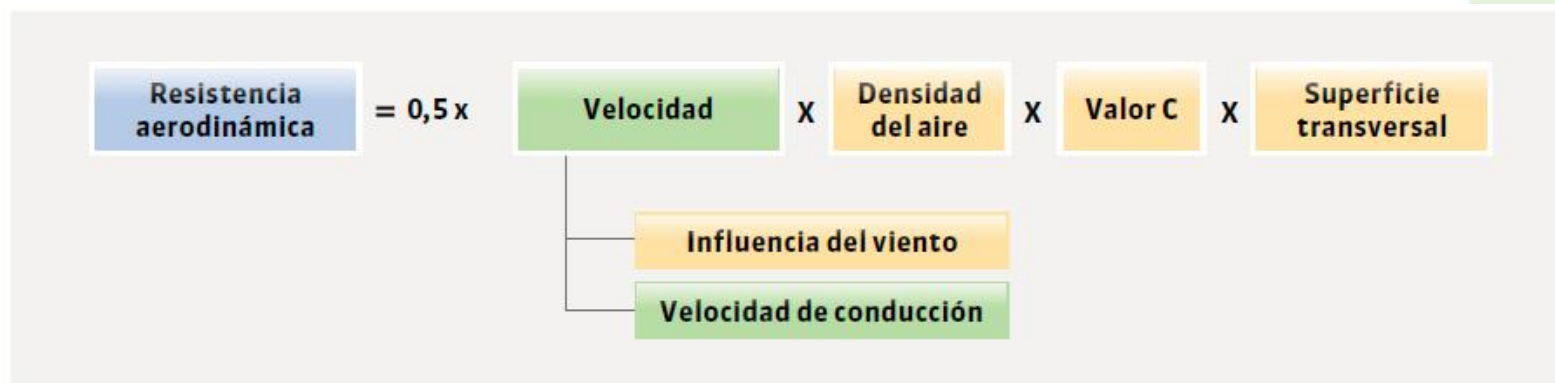
- El conductor no tiene ninguna influencia sobre la resistencia a la subida (excepto mediante la selección de la ruta en los servicios discrecionales)

* Coseno: función matemática, cuanto mayor es la pendiente de la vía mayor es este factor



Resistencia aerodinámica

- Representa la fuerza que es necesario aplicar para atravesar el aire

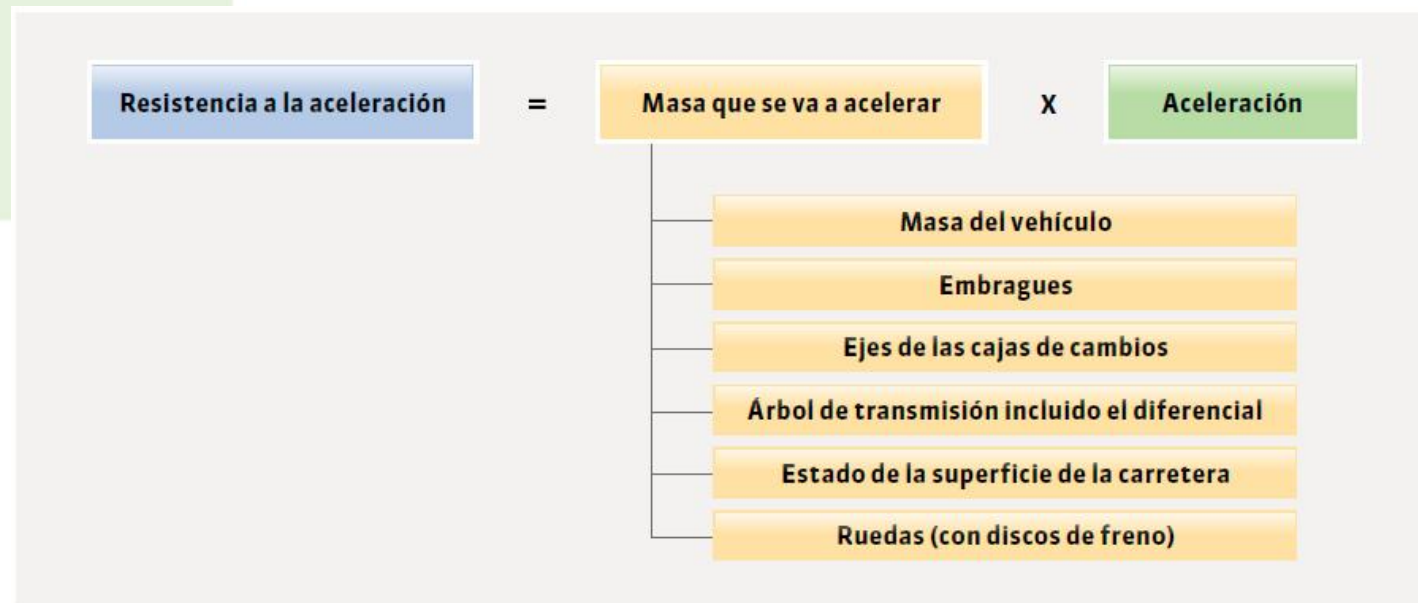


- Dependencia parabólica de la velocidad
al doblar la velocidad se cuadruplica la resistencia del aire
- También depende de la densidad del aire, la forma del vehículo (coeficiente C_w) y el área de la sección transversal del vehículo



Resistencia a la aceleración

- Causada por la inercia de los componentes móviles instalados en el vehículo
- El principio de la inercia indica que un componente permanece en su estado hasta que se ejerce una fuerza motriz sobre él



Factores fundamentales

- A partir las distintas resistencias a la marcha relacionadas entre sí se pueden derivar dos factores fundamentales para un servicio orientado a la eficiencia energética

- **Antes del desplazamiento**

Control del estado del vehículo

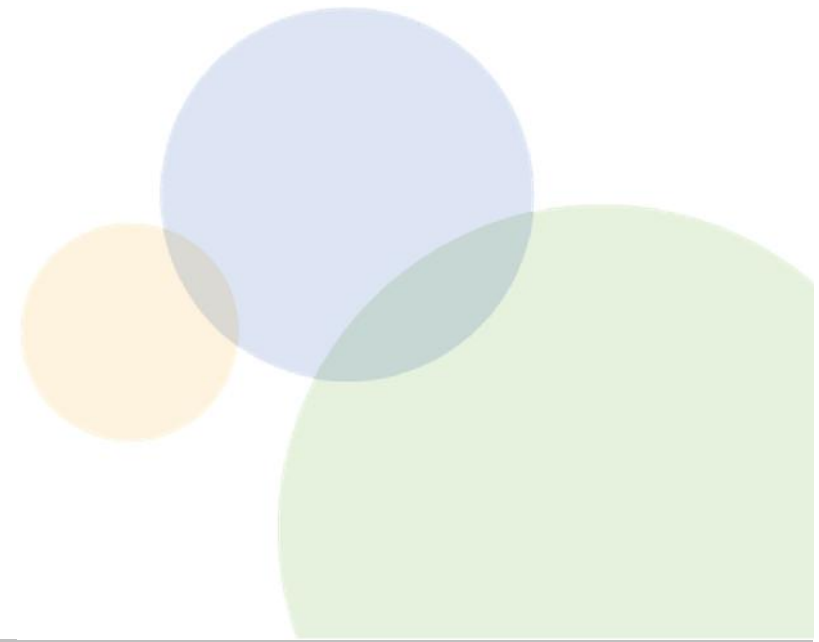
- **Durante el desplazamiento**

Selección consciente de la velocidad de marcha



Ventajas generales de los trolebuses

- Ausencia de emisiones
 - Uso muy reducido de energías no renovables
 - Emisiones reducidas de gases de efecto invernadero
- Funcionamiento silencioso
- Aceleración y frenada potentes y sin esfuerzo
- Gran comodidad durante el desplazamiento



Funcionamiento del trolebús



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

actuate



Información general sobre la red de catenarias



- El suministro eléctrico proviene de subestaciones de rectificadores
Éstas transforman en corriente de tensión continua la corriente suministrada por la empresa distribuidora de energía y la transmiten a los distintos sectores
- Las distintas secciones de alimentación (sectores) están separadas mediante seccionadores de catenaria aislados
Se debe circular por los seccionadores con el combinador desconectado
- Durante el proceso de frenado con frenos regenerativos, los supercondensadores acumulan la corriente recuperada (en parte las baterías de iones de litio también lo hacen de manera simultánea) → cuando están totalmente cargados, la corriente se transmite a la catenaria (no obstante, es necesario que haya otros trolebús en la misma sección de la línea para utilizar la corriente)

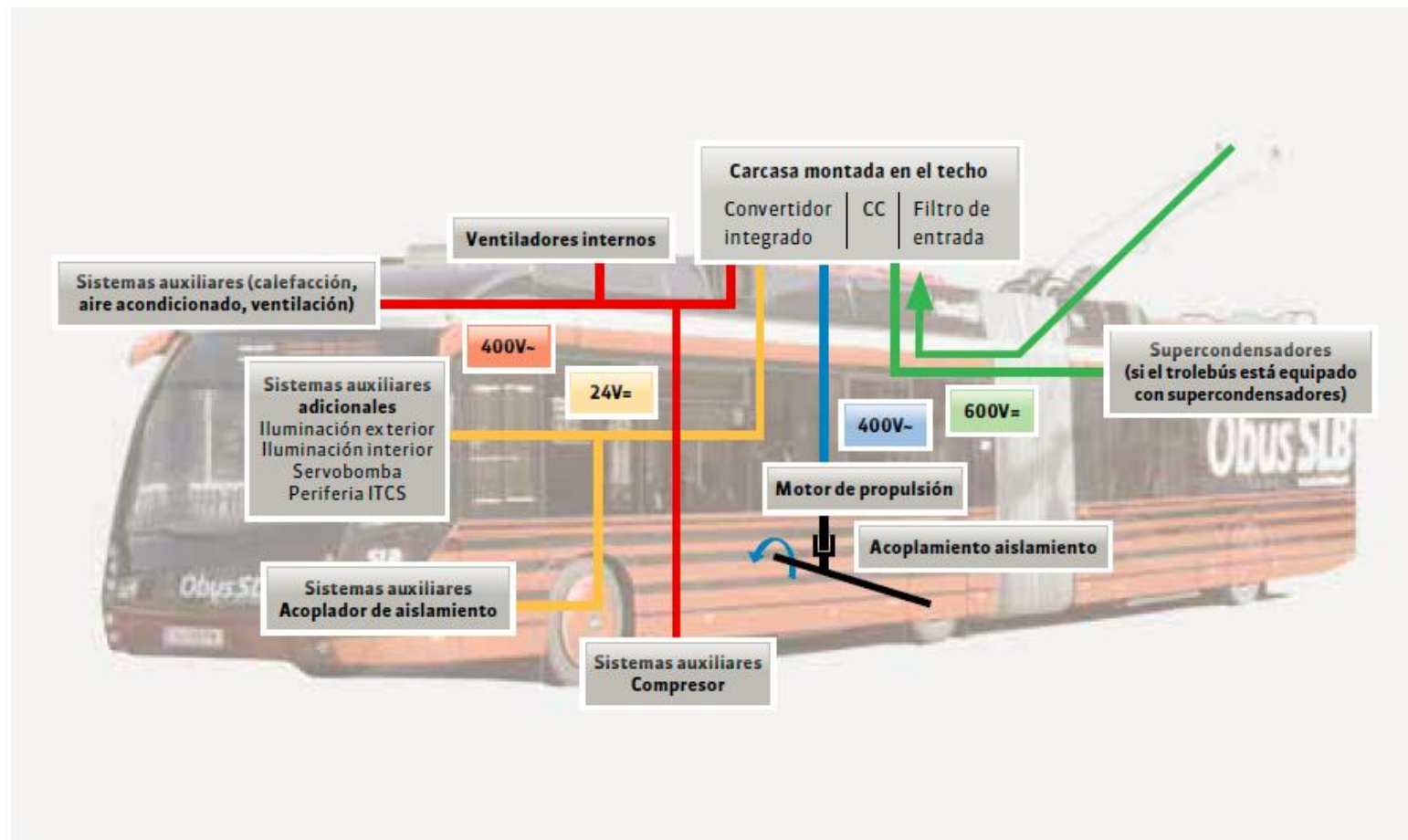


Frenos regenerativos

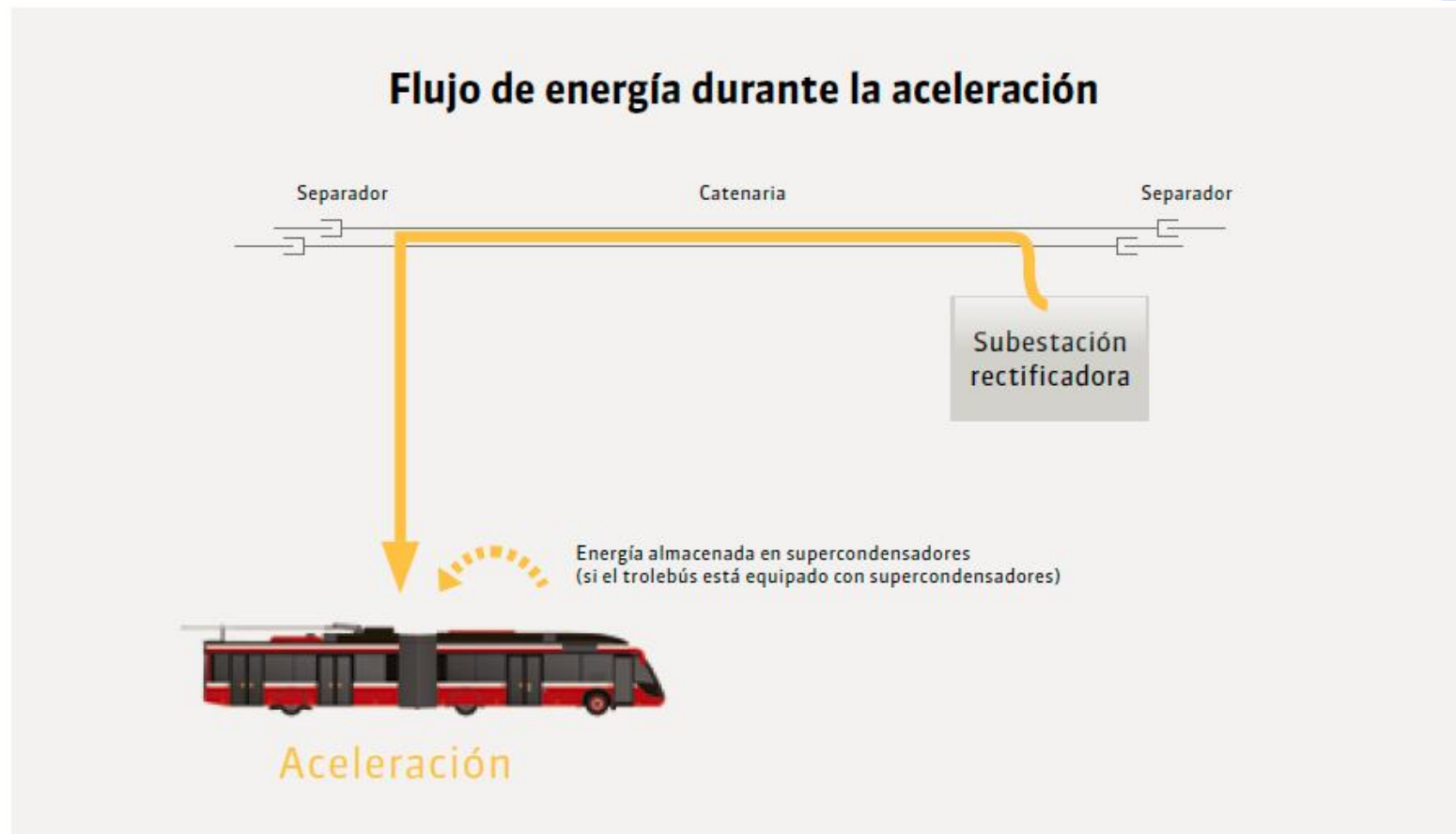
- El motor de tracción y las resistencias eléctricas cumplen los requisitos legales para frenos continuos
- **Recuperación de energía** durante el frenado
- La energía excedente que no utiliza el equipo auxiliar se devuelve a la catenaria
- Los frenos regenerativos **no registran desgaste y no requieren mantenimiento**



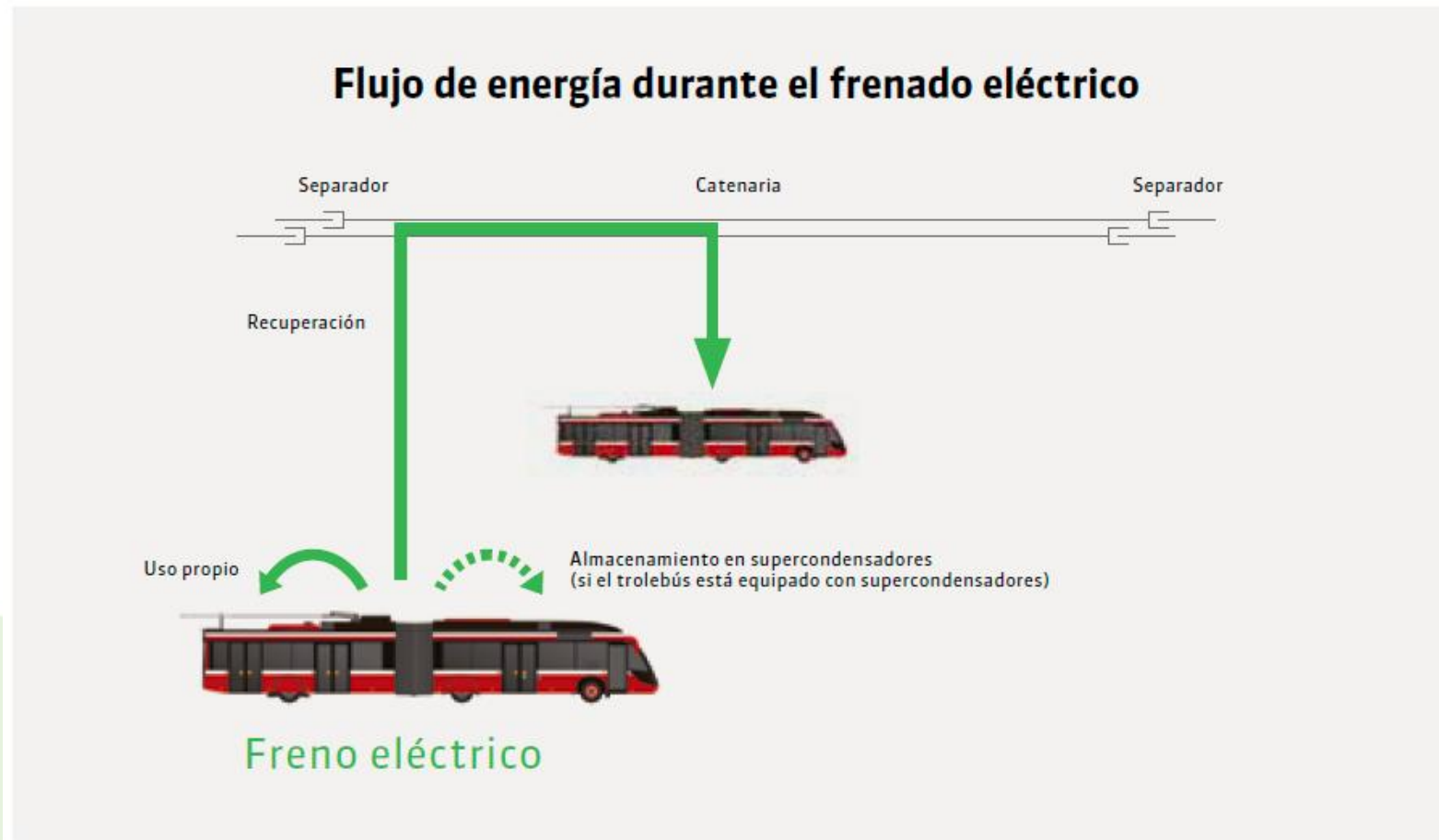
Flujo de energía en el trolebús



Flujo de energía durante la aceleración

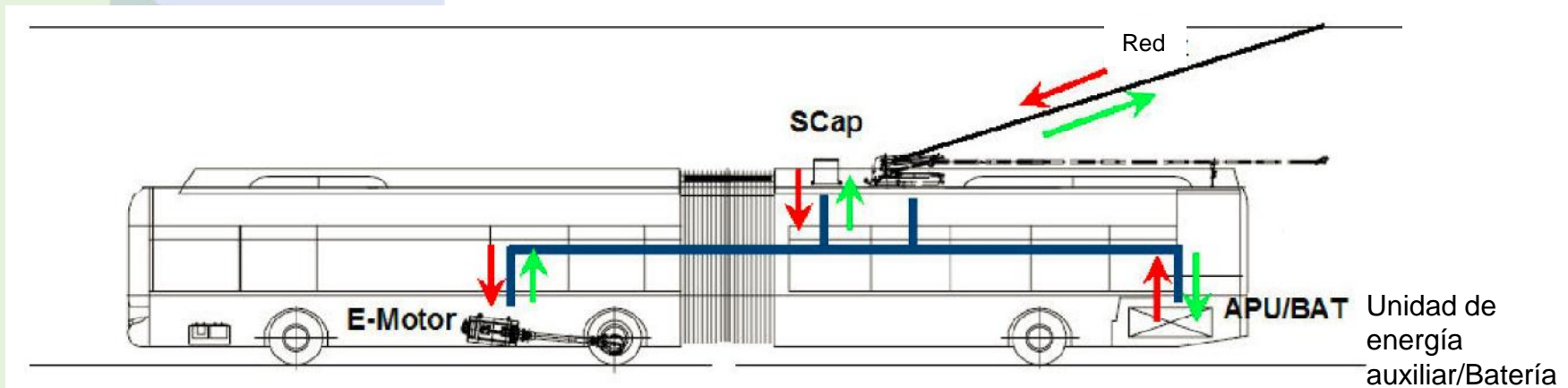


Flujo de energía durante el frenado regenerativo



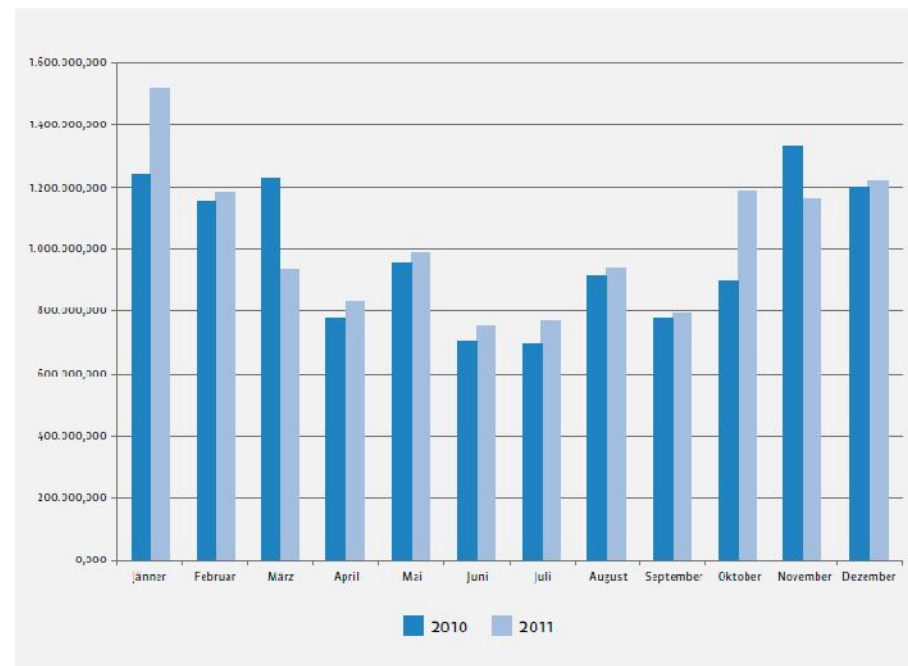
Flujo de energía durante la aceleración y durante el frenado regenerativo (con supercondensadores)

- Durante la aceleración, el trolebús recibe primero electricidad de los supercondensadores y, cuando se descargan, pasa a recibir electricidad de la catenaria.
- Al utilizar los frenos regenerativos, la electricidad recuperada se transmite a los supercondensadores (y también a la batería en su caso) para su acumulación.



Factores que influyen en el consumo de energía (ejemplo: Salzburgo)

- Consumo de energía variable debido al empleo cambiante de los sistemas de calefacción, climatización y ventilación al variar la temperatura exterior
- El consumo de energía es especialmente elevado entre noviembre y febrero debido a que es necesario utilizar mucho la calefacción
- A temperaturas de entre -4°C y $+4^{\circ}\text{C}$, el consumo medio de energía de la calefacción es de 13,5 kilovatios



Diferencias entre los trolebuses y los autobuses de motor diésel

- Aprovechamiento de la energía de la combustión de gasóleo
- Eficiencia máxima del motor diésel del 35 %
- Transmisión de fuerza mediante el grupo de accionamiento
 - Arrastre por adherencia con caja de cambios automática (convertidor hidráulico, discos de fricción, etc.)
 - Arrastre por forma con caja de cambios (engranajes)
- La transmisión de fuerza mediante arrastre por forma no tiene pérdidas, pero es necesario interrumpir el grupo de accionamiento para cambiar de marcha
- La transmisión de fuerza mediante arrastre por adherencia sí tiene pérdidas
- En los trolebuses, la transmisión de fuerza se realiza mediante arrastre por forma



Conducción práctica: parte 1



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

actuate



Instrucciones relativas a la parte práctica de la formación I

- Selección de una línea o recorrido real
- Determinación de un orden determinado para los conductores
- Aplicación del estilo de conducción «normal»
- Condiciones lo más realistas posible (por ejemplo, circular detrás de un autobús mientras hace su servicio regular para simular de la forma más real posible la llegada, la parada y la salida de las paradas de autobús)
- Preparar la medición del consumo de energía del desplazamiento



Estilo de conducción eficiente con un trolebús

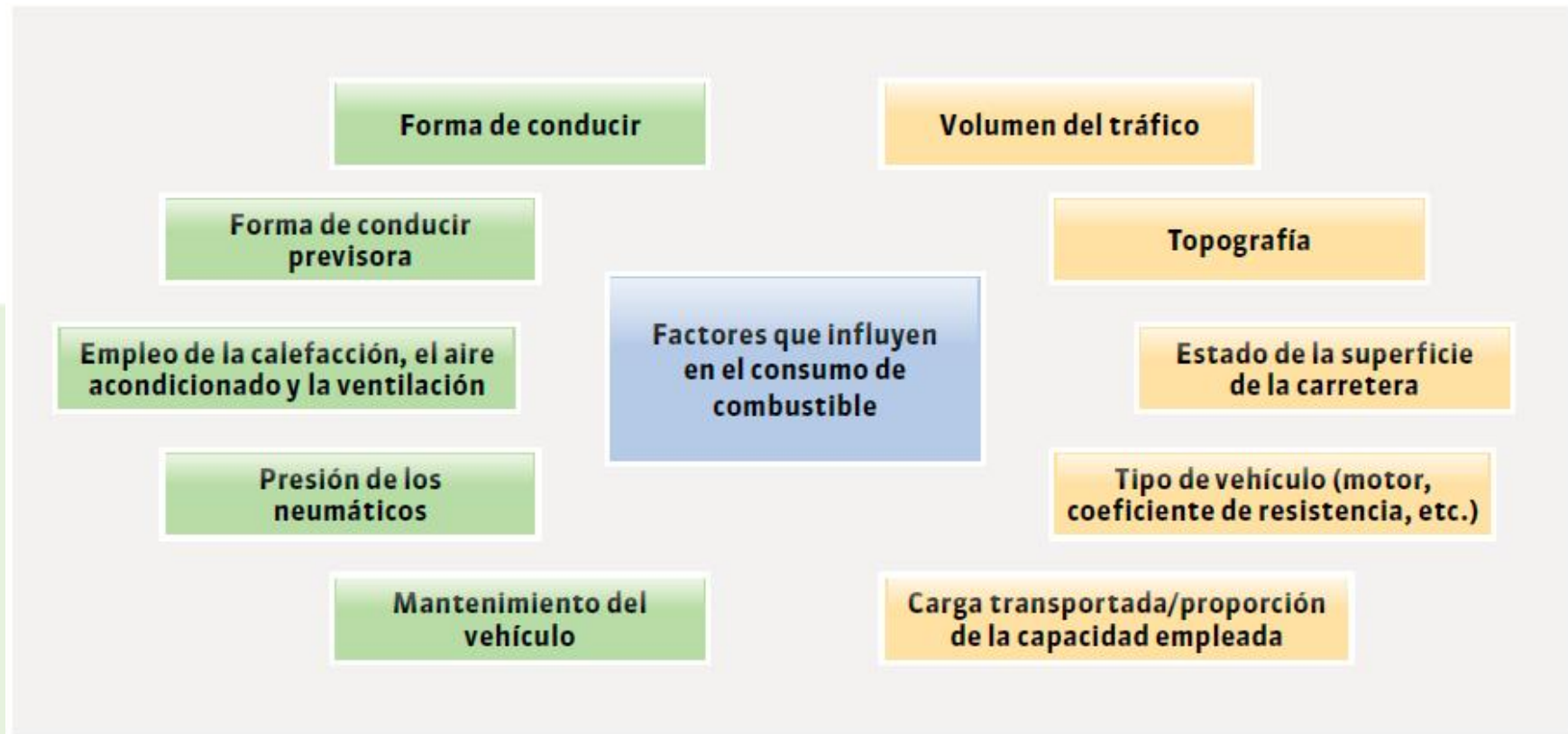


Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

actuate



Factores que influyen en el consumo de energía



Factores que pueden modificarse

- Dado que el volumen de tráfico, el itinerario y la carga (peso) no se pueden modificar en los servicios regulares, ganan en importancia los siguientes factores:
 - Estilo de conducción
 - Estilo de conducción prudente
 - Ajuste del sistema de calefacción y climatización
- La presión de los neumáticos y el estado del trolebús se pueden comprobar a simple vista



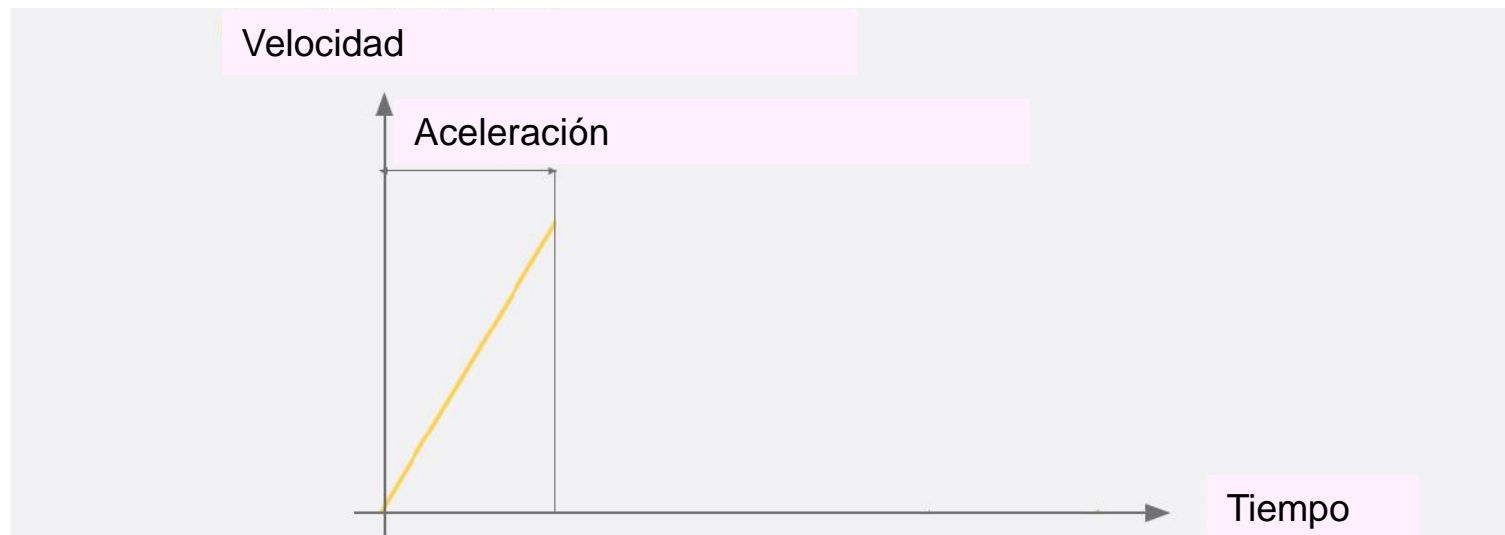
Diferentes estados de marcha

- Durante el desplazamiento, los vehículos pueden encontrarse en distintos estados
- La relación entre el estado de desplazamiento y el consumo de energía es directa
- Cuatro estados de marcha distintos:
 - Aceleración
 - Régimen establecido
 - Rodadura
 - Frenado



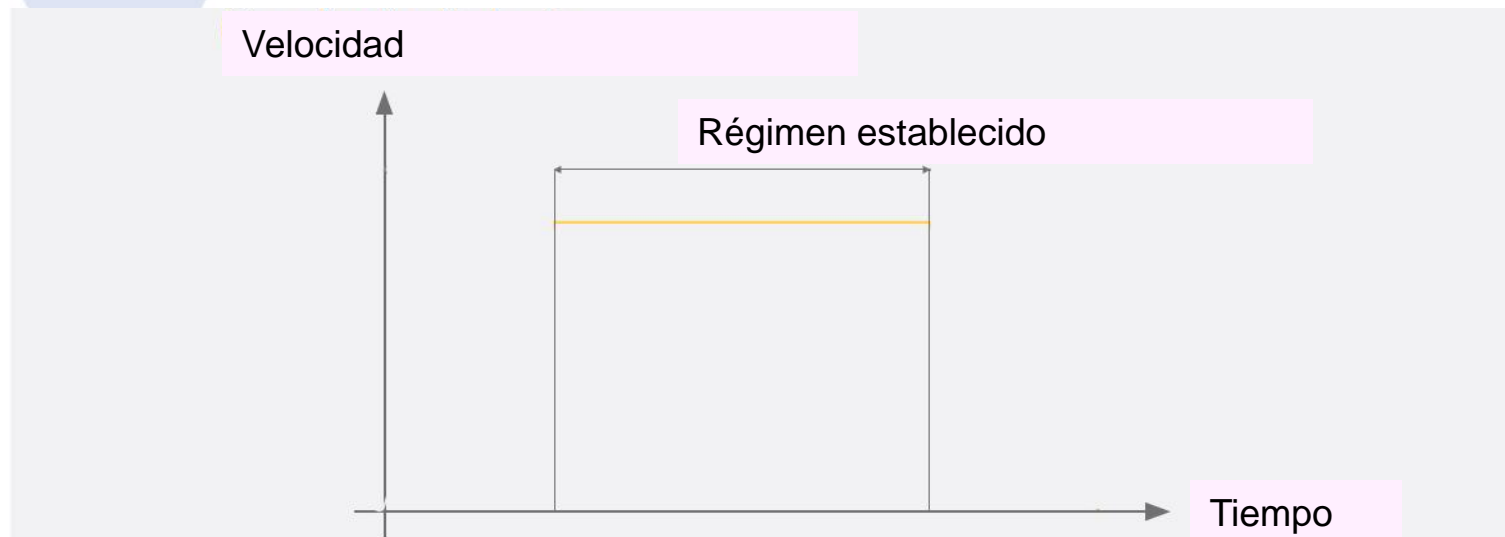
Aceleración

- Significa aumentar la velocidad utilizando energía
- Para ello, la fuerza propulsora del trolebús debe ser mayor que las resistencias que se oponen al desplazamiento



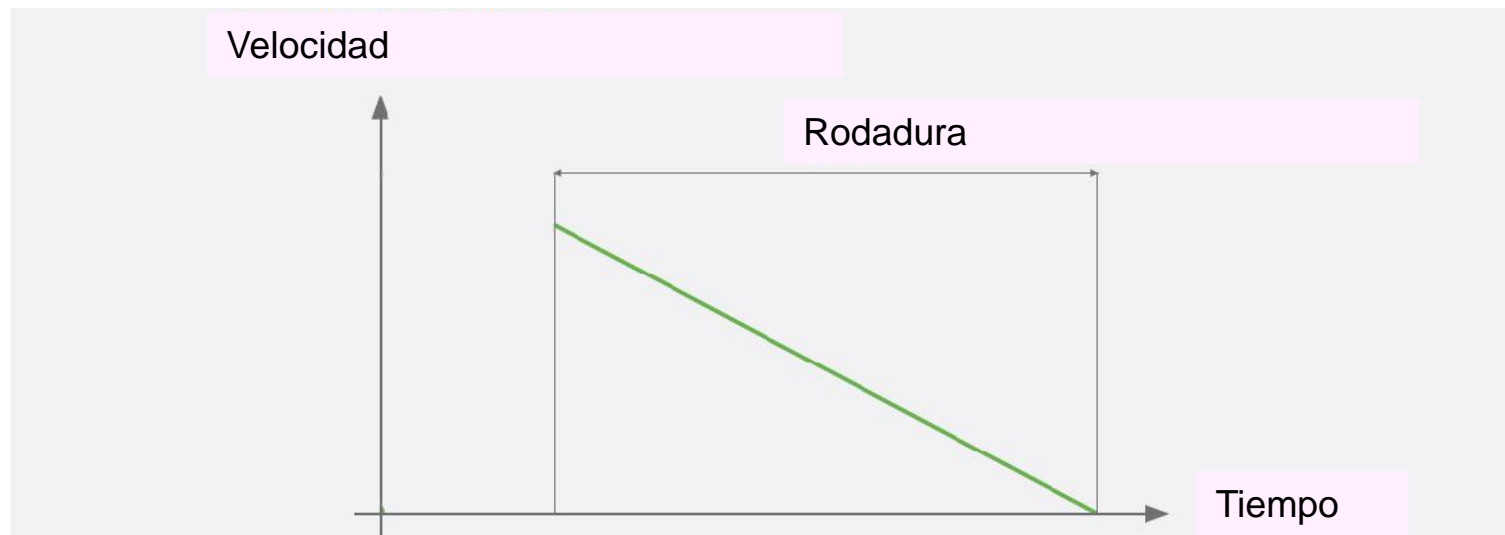
Régimen establecido

- Significa mantener la velocidad
- Para ello se debe utilizar exactamente una energía igual a la de las resistencias que se oponen al desplazamiento



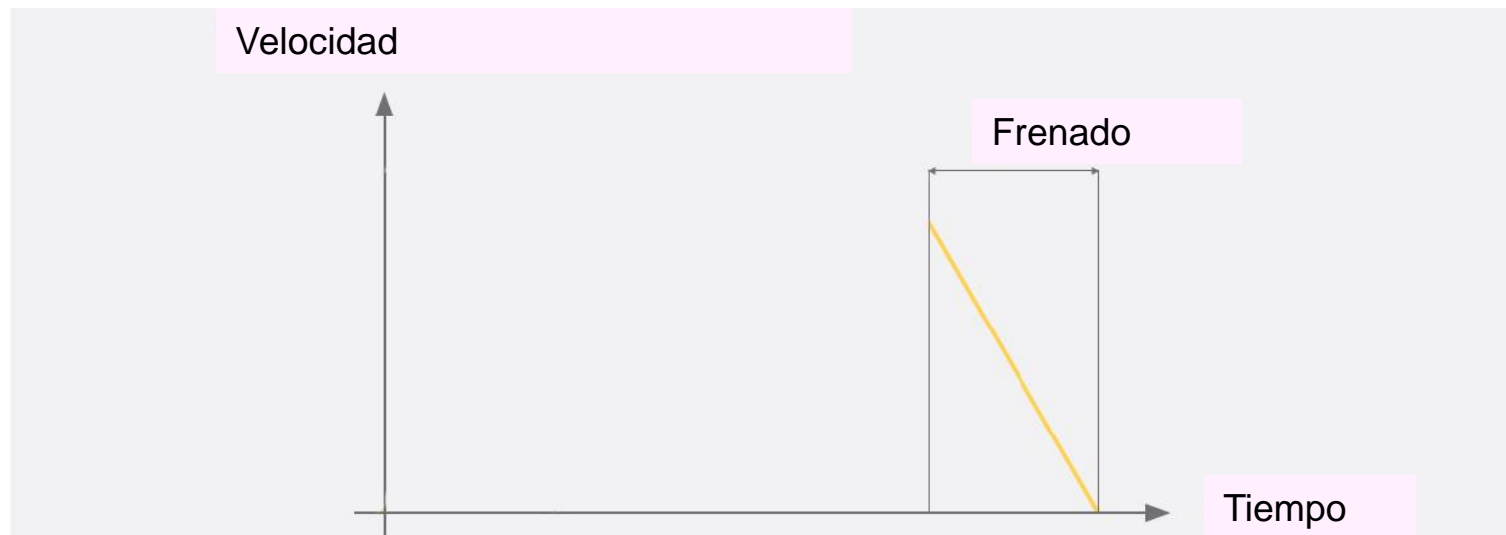
Rodadura

- Durante la rodadura, no se pisa el acelerador y no se necesita energía para desplazarse
- El motor proporciona energía al equipo auxiliar mediante autoexcitación
- Durante la rodadura la velocidad disminuye debido al efecto de frenado de las resistencias al desplazamiento



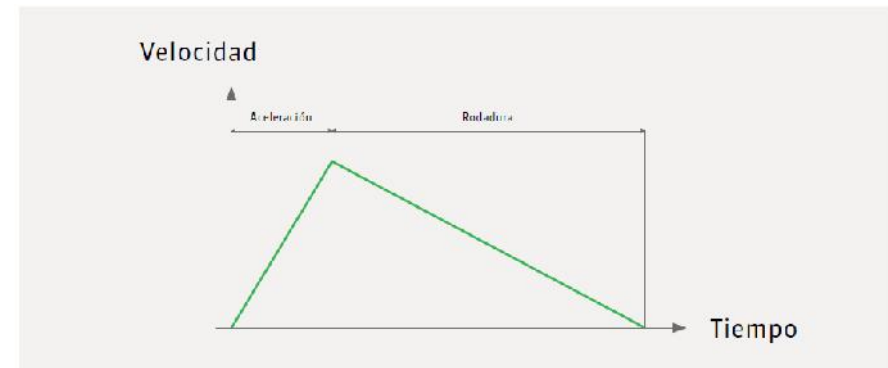
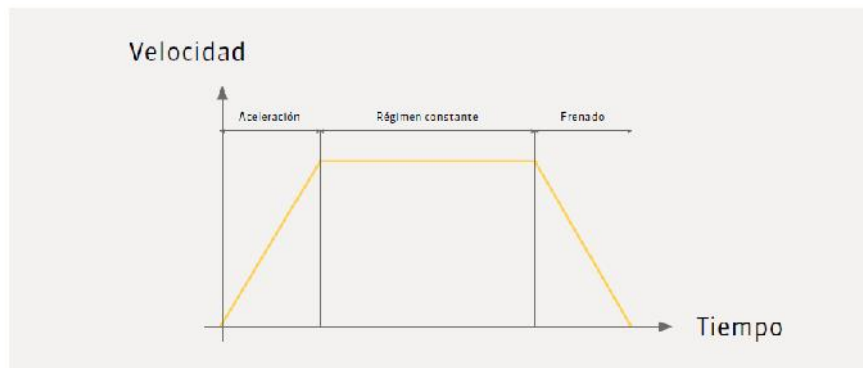
Frenado

- Frenar significa reducir la velocidad
- La energía se recupera mediante la utilización de frenos regenerativos
- Al utilizar frenos de aire comprimido, toda la energía de frenado entre los discos y la guarnición se transforma en calor y se pierde



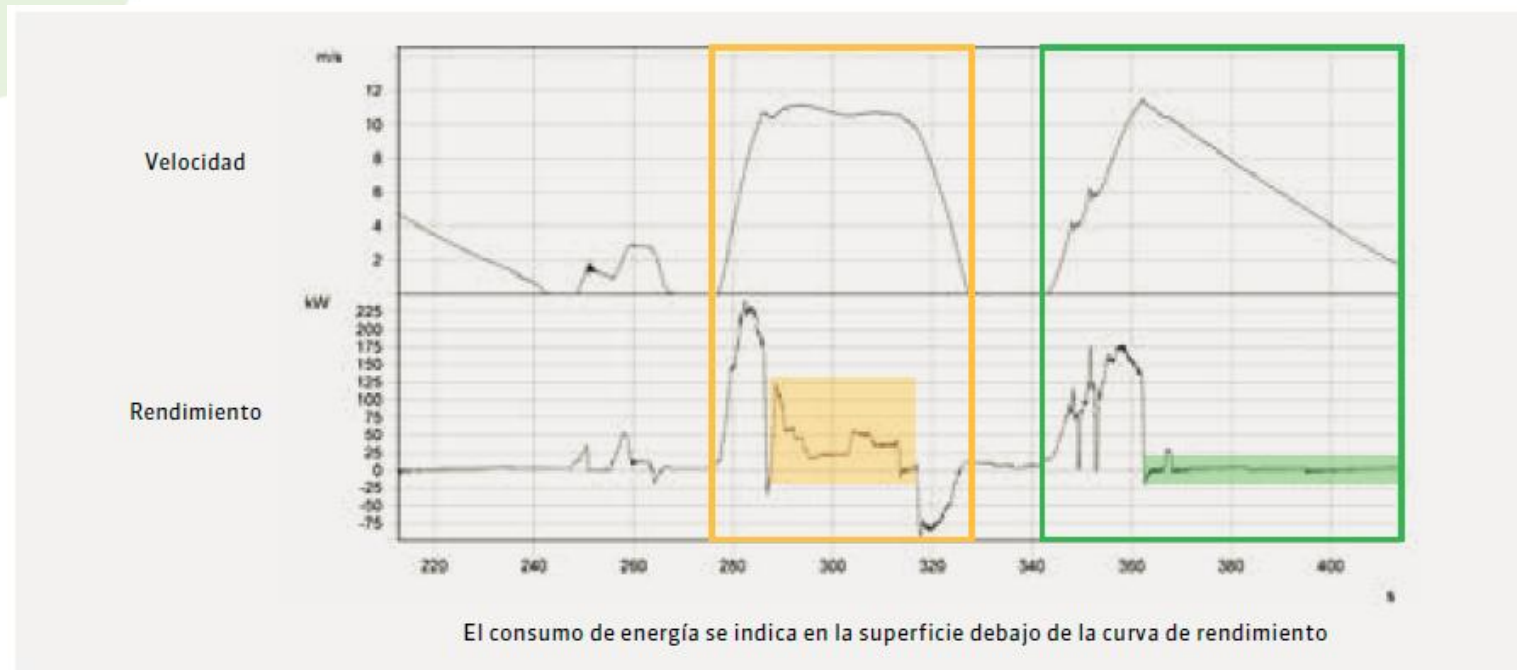
Diferentes ciclos de rodadura

- La combinación de los estados de marcha da como resultado un ciclo de conducción
- Representación idealizada de ciclos de conducción con:
 - Periodo de «régimen establecido»
 - Periodo de «rodadura»



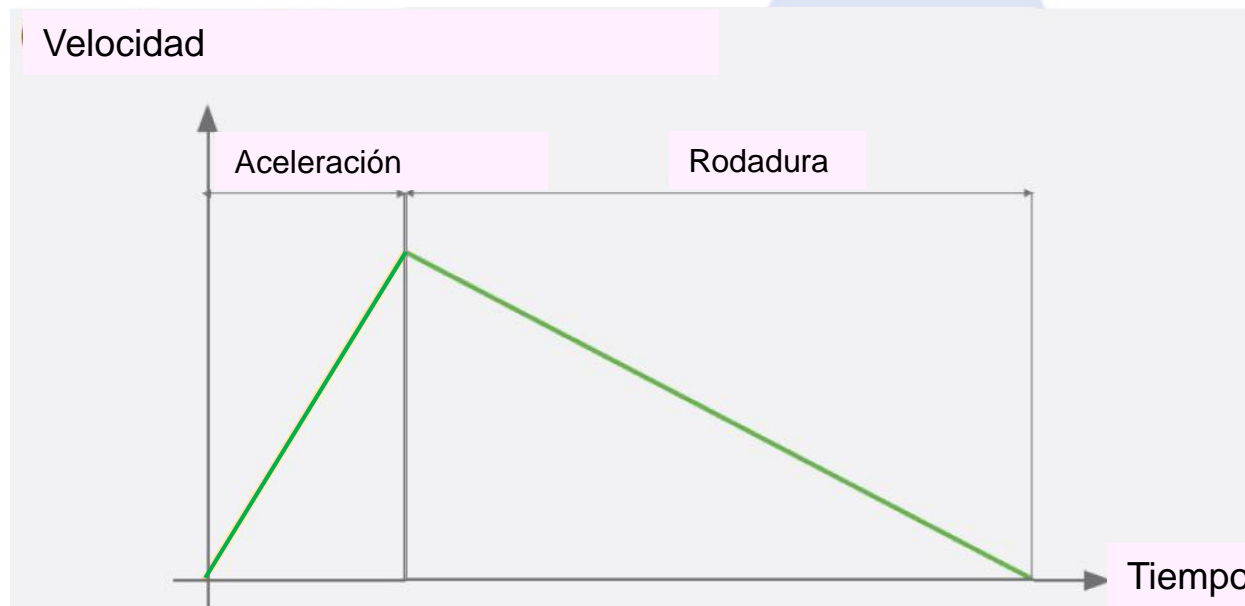
Ciclos de conducción reales

- El área bajo la curva de potencia representa el consumo energético
- Durante el régimen establecido (amarillo) el consumo de energía es mayor que durante la rodadura (verde)



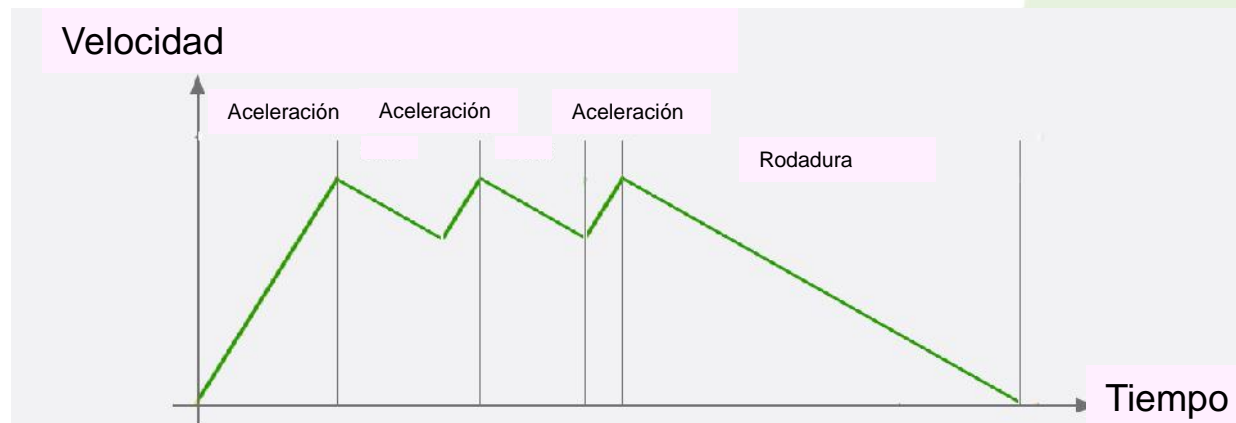
Ciclo de conducción ideal

- En un ciclo de conducción ideal, la aceleración va seguida de rodadura hasta que el vehículo se detiene en el lugar deseado
- Se puede representar mediante un triángulo en el gráfico de la velocidad en función del tiempo



Estilo de conducción del ciclo de conducción ideal

- Aceleración lo más suave posible, pero ininterrumpida
- Evitar totalmente la marcha en régimen establecido
- Evolución de la velocidad con forma de «diente de sierra» (aceleración-rodadura)



- La parte de rodadura debe ser lo mayor posible, respetando el horario
- Si es posible, frenar con los frenos regenerativos



Efectos sobre el voltaje de la catenaria

- Debido a la corriente necesaria, la **aceleración** provoca una **reducción del voltaje en la catenaria**
- La frenada con los frenos regenerativos provoca un **aumento del voltaje en la catenaria**
- Cuando se utilizan supercondensadores, este aumento o descenso del voltaje es considerablemente inferior



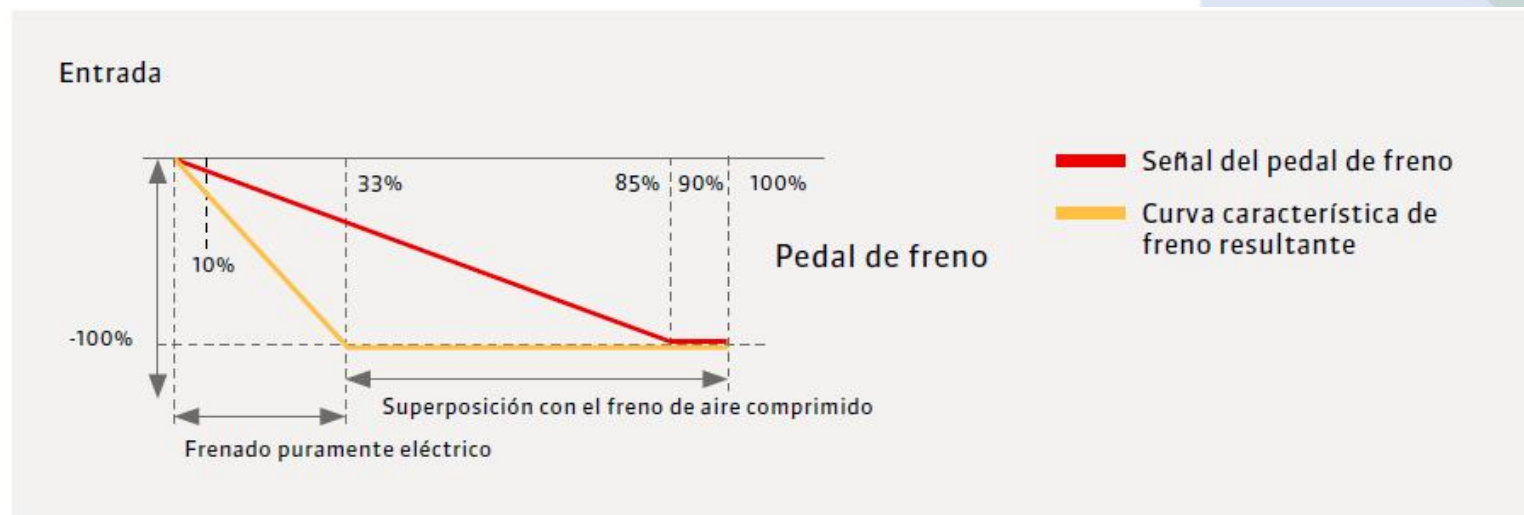
Ventajas de la fase de rodadura

- No se consume energía de la catenaria y el equipo auxiliar se alimenta mediante el motor de tracción por autoexcitación
- Se protegen los frenos mecánicos de aire comprimido al reducirse la velocidad de aproximación a la siguiente parada
- Conducción uniforme y de gran comodidad para el conductor y los pasajeros
- **Solo es posible conseguir una parte de rodadura mayor mediante un estilo de conducción prudente y manteniendo una distancia adecuada con el vehículo que nos precede**



Ventajas y funcionamiento de los frenos regenerativos

- Recuperación de la energía de frenado
- Sin desgaste ni necesidad de mantenimiento
- Mayor comodidad para el conductor y los pasajeros
- Hasta una posición aproximada del 33 % del recorrido del pedal de frenado, solo actúan los frenos regenerativos



Utilización consciente de la calefacción y la climatización

- Evitar tener puertas o ventanas abiertas mientras está funcionando el sistema de calefacción o refrigeración
- Durante las paradas prolongadas y los tiempos de transición se deben mantener cerradas las puertas con mecanismo de desbloqueo y apagados los sistemas de calefacción y refrigeración
- La potencia de la calefacción es de 13,5 kW para temperaturas exteriores de entre -4°C y $+4^{\circ}\text{C}$ (ejemplo: Salzburgo)
- En los trolebuses nuevos se utilizan sistemas de calefacción y climatización automáticos



Conducción práctica: parte 2



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

actuate



Instrucciones relativas a la parte práctica de la formación II

- Idéntico recorrido que el la parte 1
- Conductores en el mismo orden que en la parte 1
- Conseguir unas condiciones realistas y lo más parecidas posible a las de la parte 1 (dentro de lo posible)
- Estilo de conducción teniendo en cuenta la información recibida durante la teoría
- Nueva medición de la energía consumida para comparar la posible reducción del consumo respecto al primer recorrido práctico



Aspectos de seguridad en los trolebuses



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

actuate



Comportamiento en caso de descarrilamiento del pantógrafo

- Detenerse inmediatamente, pero teniendo en cuenta la seguridad de los pasajeros
- Colocarse los chalecos reflectantes antes de abandonar el trolebús
- Inspeccionar visualmente el pantógrafo y la catenaria
- Está prohibido lo siguiente:
 - tocar una pértiga del pantógrafo mientras la otra todavía esté en contacto
 - Tocar componentes del vehículo o de la catenaria que estén bajo tensión
 - Subirse al techo del trolebús
- Antes de colocar el pantógrafo se debe desconectar el interruptor principal
- Se debe informar al centro de control y, en caso de daños, se debe esperar a las ordenes del centro de control y redactar un mensaje por escrito



Comportamiento en caso de daños en la catenaria

- ¡Se debe tener especial cuidado con los componentes colgantes del pantógrafo!
- El conductor del trolebús que primero llegue debe proteger la zona de peligro, siempre que haya algún riesgo para otros usuarios de la vía
- Está prohibido tocar componentes colgantes
- Si algún vehículo está en contacto con componentes colgantes de la catenaria, el centro de control debe activar una desconexión de emergencia
- Si es necesario, los pasajeros deben permanecer en el vehículo hasta que lleve el servicio de reparaciones
- En caso de incendio, el centro de control debe activar una desconexión de emergencia de la catenaria: En caso de que esto no sea posible, los pasajeros deben salir del trolebús para evitar sufrir descargas eléctricas y durante la salida se debe aislar la vía colocando sobre ella medios adecuados (p. ej. ropa seca)



Fallo y sobrecarga del suministro eléctrico

- Si un fallo del suministro eléctrico impide continuar la marcha, se debe utilizar la velocidad propia, es decir, el impulso, para situar el trolebús de manera que no afecte de forma importante a la circulación
- Se debe asegurar el trolebús para que no ruede apretando el freno de mano
- Si es necesario, se debe retirar el pantógrafo
- Los trolebuses con accionamiento auxiliar pueden continuar la marcha con la propulsión alternativa
- En caso de que el suministro eléctrico se interrumpa repetidamente en muy poco tiempo, es posible que se haya producido una sobrecarga
- Conducir con especial precaución y evitar acelerar
- Se deben desconectar los sistemas de calefacción y climatización
- Seguir las posibles instrucciones del centro de control relativas a la coordinación de las salidas



Información importante



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

actuate



Los tres mandamientos de la conducción eficiente

■ Seguridad

La seguridad está por encima de todo lo demás

■ Puntualidad

La puntualidad es un requisito de los servicios regulares y significa que no se debe abandonar una parada demasiado pronto ni demasiado tarde

■ Conducción eficiente

La conducción eficiente significa reducir al mínimo el consumo de energía y proteger el vehículo teniendo en cuenta la seguridad y la puntualidad



Estilo de conducción energéticamente eficiente con el trolebús

- Las cinco reglas de oro de la conducción eficiente energéticamente

- (1) La aceleración se debe realizar rápidamente
- (2) Se debe evitar totalmente la marcha en el régimen establecido
- (3) La parte de rodadura debe ser lo mayor posible, respetando el horario
- (4) Se debe evitar frenar de forma innecesaria e idealmente se deben utilizar solo los frenos regenerativos sin desgaste para recuperar energía
- (5) Los sistemas de calefacción, climatización y ventilación se deben utilizar de forma consciente, si no se regulan de forma óptima y automática



Fin



¡Gracias por su atención!



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

56

actuate

