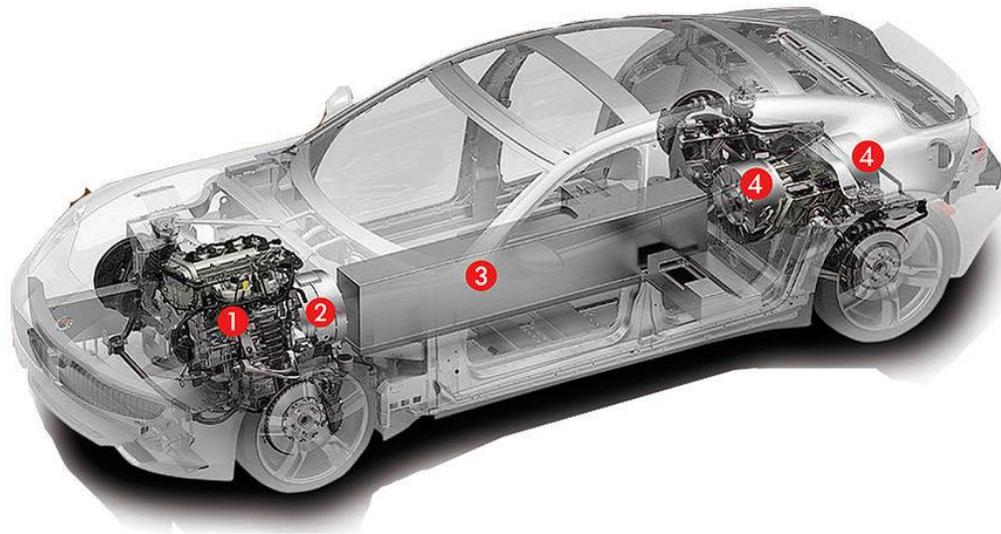


VEHÍCULOS HÍBRIDOS ELÉCTRICOS ENCHUFABLES



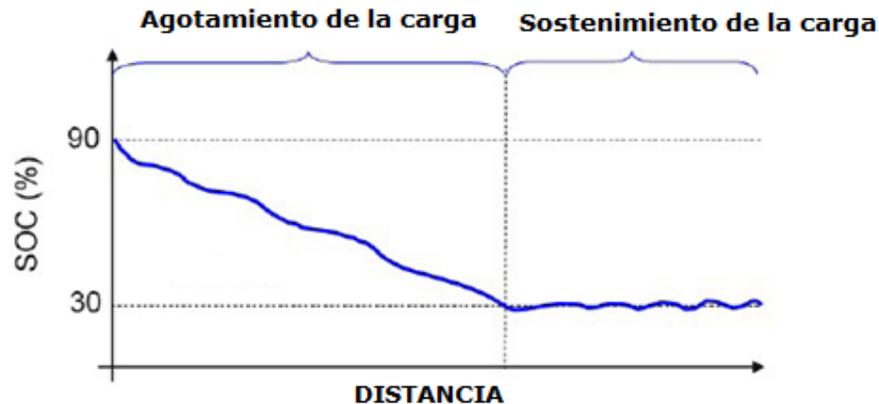
ÍNDICE

- **Introducción**
- **Configuraciones**
- **Modos de funcionamiento**
 - **Mixta**
 - **Eléctrica**
 - **Autonomía extendida**
- **Gestión de la energía**
 - **Estrategia Eléctrica**
 - **Estrategia Mixta**
- **Dimensionamiento de las baterías**



INTRODUCCIÓN

En general, los vehículos híbridos muestran cierta mejora en el consumo de combustible en comparación con los vehículos convencionales, ya que gestionan el MCIA en su región de funcionamiento óptima. La estrategia de control utilizada en estos vehículos híbridos es la de sostenimiento de la carga (charge-sustaining). Los vehículos enchufables muestran un potencial mayor de reducción del consumo de combustible al funcionar con estrategia de control de agotamiento de la carga (charge-depleting)

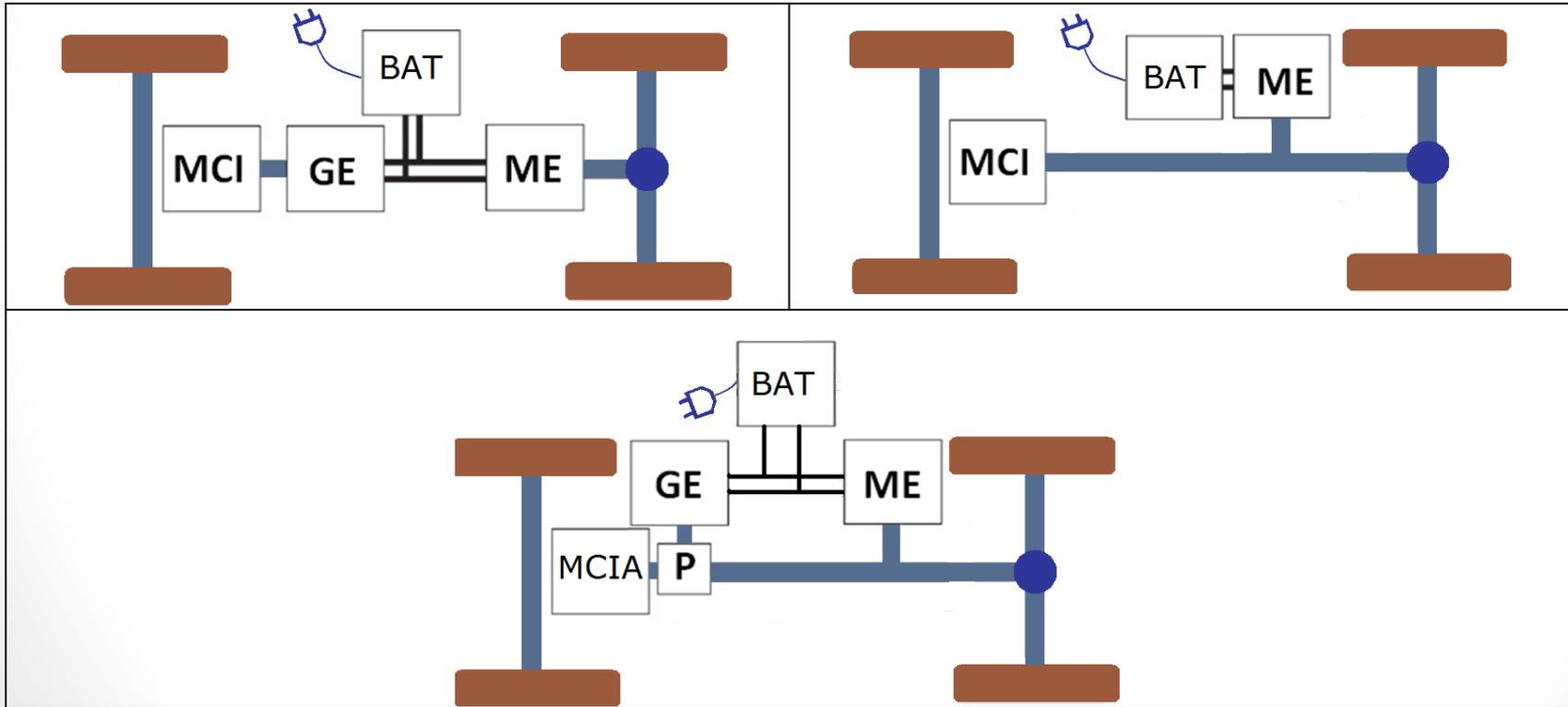


Modo agotamiento de la carga de la batería (Charge depleting CD): El SOC de la batería puede fluctuar, pero de media decrece durante la conducción.

Modo sostenimiento de la carga de la batería (Charge sustaining CS): El SOC de la batería puede fluctuar, pero de media se mantiene constante durante la conducción.

CONFIGURACIONES

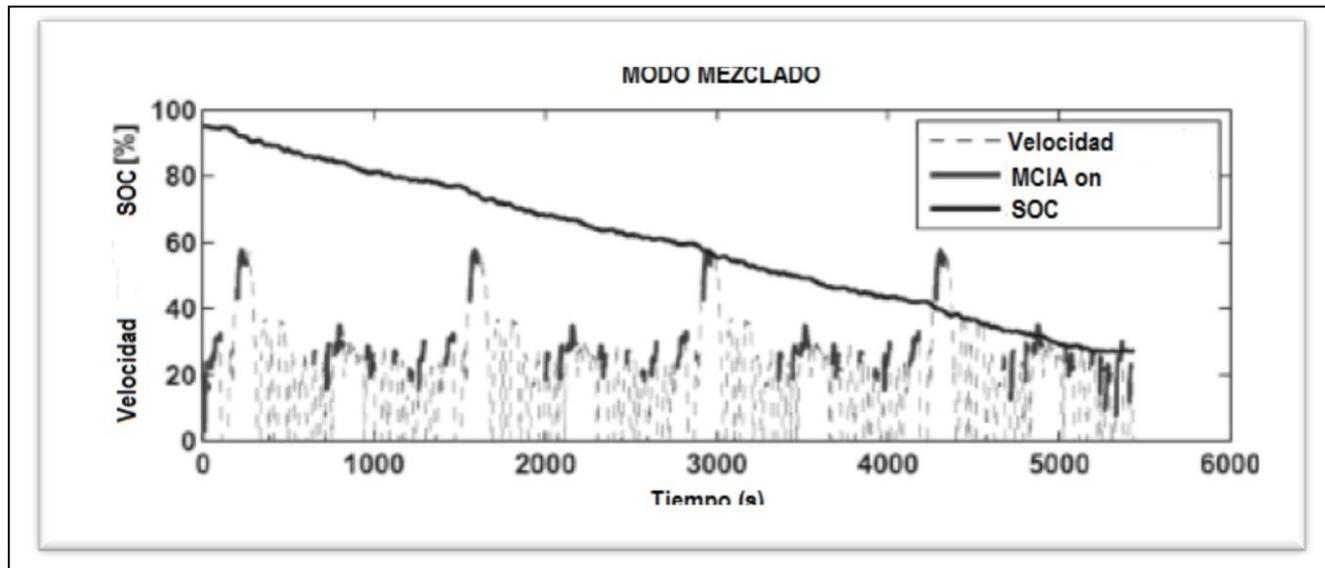
Un Vehículo Eléctrico Híbrido Enchufable (VEHE) se define según la SAE como “un vehículo híbrido con disponibilidad de almacenar y usar energía eléctrica de la red en las baterías”.



MODOS DE FUNCIONAMIENTO

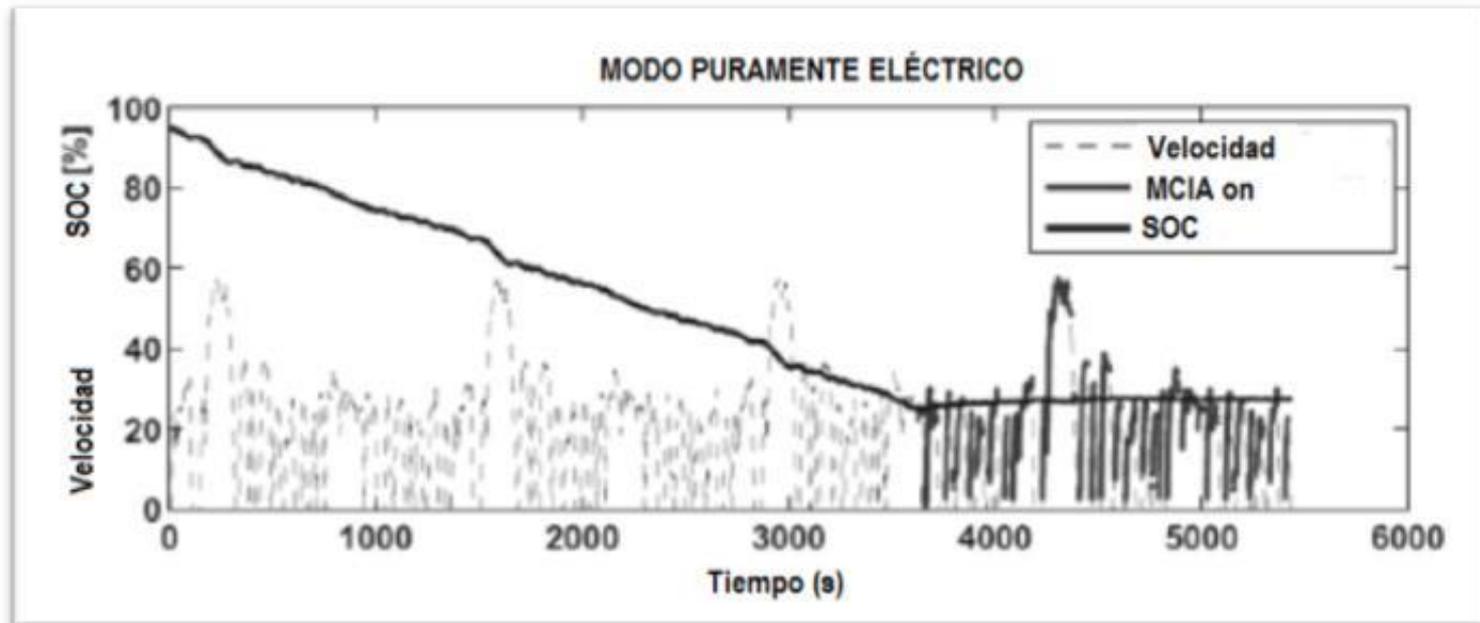
ESTRATEGIA MEZCLADA

Como un híbrido convencional. La utilización del MCIA se requiere en la mayoría de aceleraciones y velocidades. El MCIA empieza a funcionar prácticamente desde el comienzo del ciclo y la potencia del MCIA se utiliza durante todo el ciclo como suplemento de la batería.



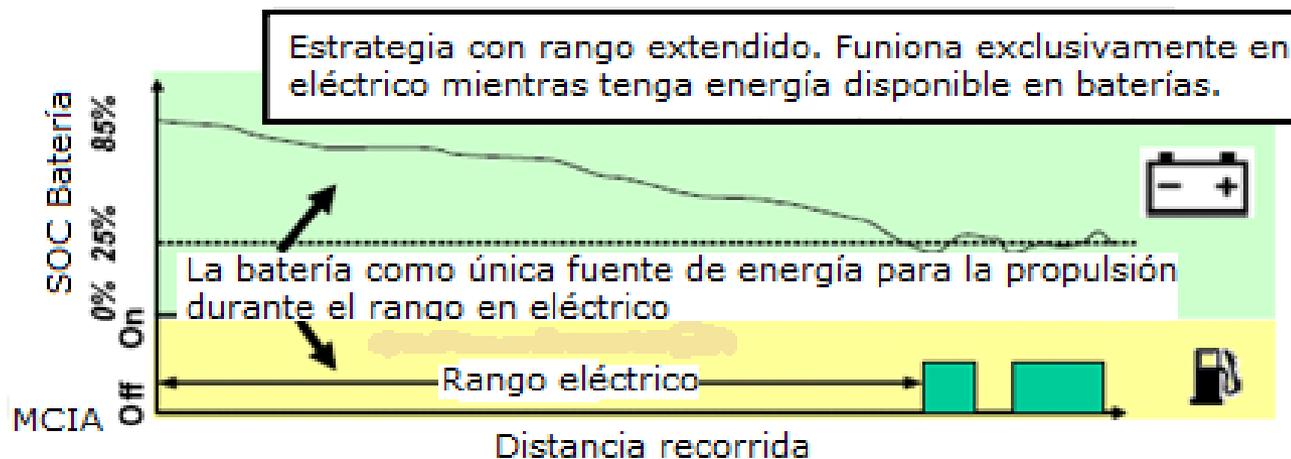
ESTRATEGIA ELÉCTRICA

Como un vehículo eléctrico. Mientras la batería se va agotando el sistema de almacenamiento de energía opera sólo con electricidad, sin funcionamiento del MCIA. Una vez agotadas las baterías, se comporta como un híbrido convencional. En condiciones reales de funcionamiento, siempre que el conductor requiera más potencia o velocidad que la que el ME y las baterías puedan dar, se requiere que el MCIA arranque y el control irá por defecto al modo de estrategia mezclada.



ESTRATEGIA AUTONOMÍA EXTENDIDA

Un **VERE** no dispone de definición según la SAE, pero algunos autores lo denominan como “un vehículo eléctrico con funcionamiento completamente con batería, cuando la energía es disponible desde el sistema de almacenamiento a bordo, y posee un sistema auxiliar de generación de energía eléctrica que sólo funciona cuando la energía en las baterías ya no está disponible”. El VERE es un caso excepcional del VEHE en el que el vehículo, las baterías y el sistema de propulsión se dimensionan para que el MCIA nunca entre en funcionamiento mientras se disponga de energía en las baterías.



FACTOR DE UTILIDAD

La caracterización del comportamiento de un VEHE requiere cuantificar el funcionamiento del vehículo en modo de agotamiento de la carga (CD) y en modo de sostenimiento de la carga (CS), y requiere un método para comprender la frecuencia con que se usa cada modo en la conducción normal. La norma **SAE J1711** define los métodos que se recomiendan para probar los VEHE en ambos modos. Dicha norma determina el cálculo de los siguientes consumos:

- Un consumo de electricidad en modo de conducción eléctrica (Wh/km)
- Un consumo de combustible en modo de agotamiento de la carga (L/100km)
- Un consumo de combustible en modo de mantenimiento de carga (L/100km)

La expresión para entender conceptualmente la distribución de estos consumos de energía es el **factor de utilidad (FU)**. **SAE J2841**. El FU es la relación entre los km recorridos en modo CD y el número total de km recorridos.

$$FU = R_{CD} / d$$

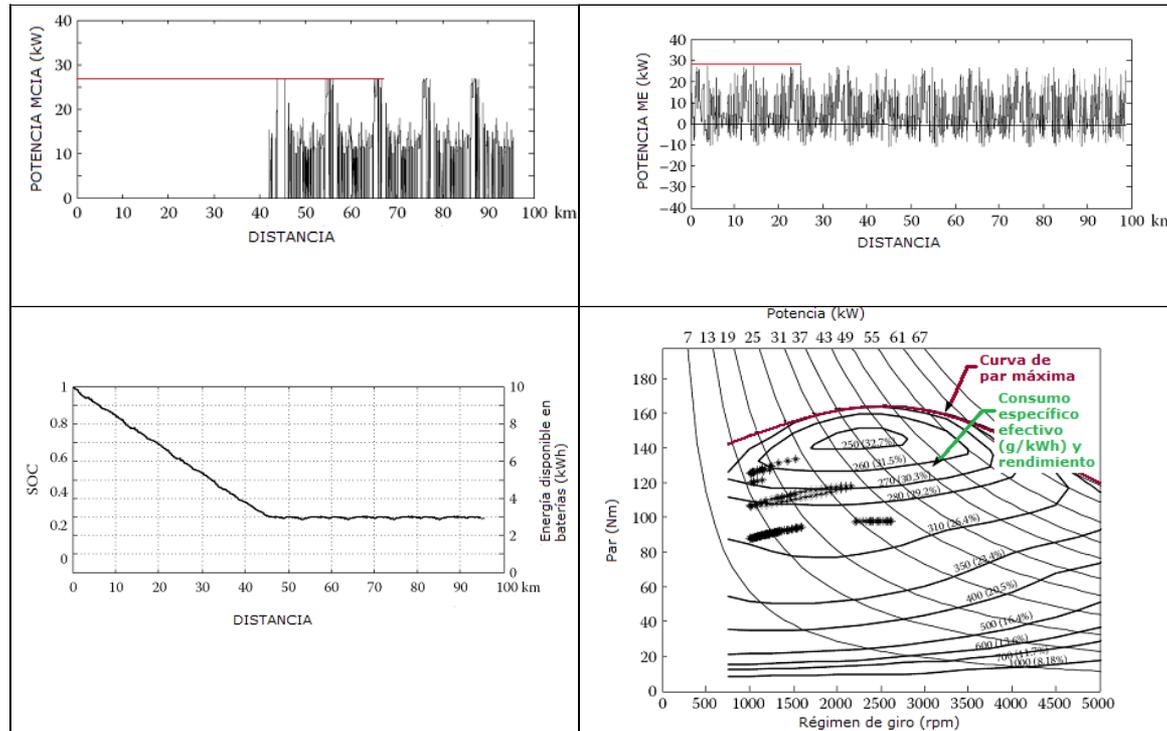
$$CC_{equiv} = FU \cdot CC_{CD} + (1 - FU) \cdot CC_{CS}$$

Cuando se utiliza la **CONFIGURACIÓN SERIE**, los diseños de potencia del MCIA, ME y baterías son casi los mismos que el híbrido CS. La potencia del ME garantiza la aceleración y la pendiente, la potencia del MCIA/GEN soporta la conducción del vehículo a velocidad constante en pista plana o baja pendiente, y la potencia de las baterías es mayor (o al menos no menor) que la potencia de ME menos la potencia del MCIA/GEN. Sin embargo, la batería debe diseñarse de manera que su energía útil debe cubrir los requerimientos de conducción en modo VE.

Cuando se utiliza una **CONFIGURACIÓN PARALELO O COMPLEJA**, la potencia del ME debe ser tal que pueda cubrir los requerimientos de potencia pico del ciclo de conducción de referencia. Si no, el vehículo no puede seguir el perfil de velocidad del ciclo, y será algo más lento, comparado con lo que espera el conductor.

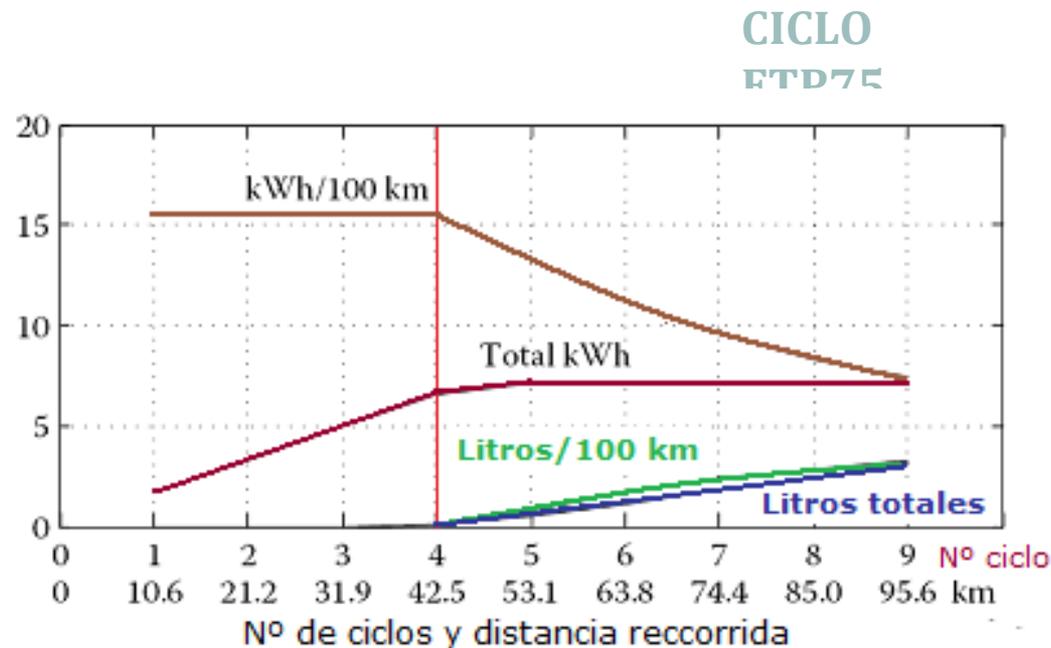
ESTRATEGIA DE CONTROL BASADA EN MODO RANGO PURAMENTE ELÉCTRICO

CICLO FTP75



El total de energía almacenada en las baterías, completamente cargadas, es de 10 kWh. La simulación corre 9 ciclos secuenciales, y el modo puramente eléctrico arranca desde el principio del ciclo, hasta que el SOC alcanza el 30%, entonces entra el modo de sostenimiento de batería (CS). La estrategia de control en el modo CS es la termostato (MCIA on-off)

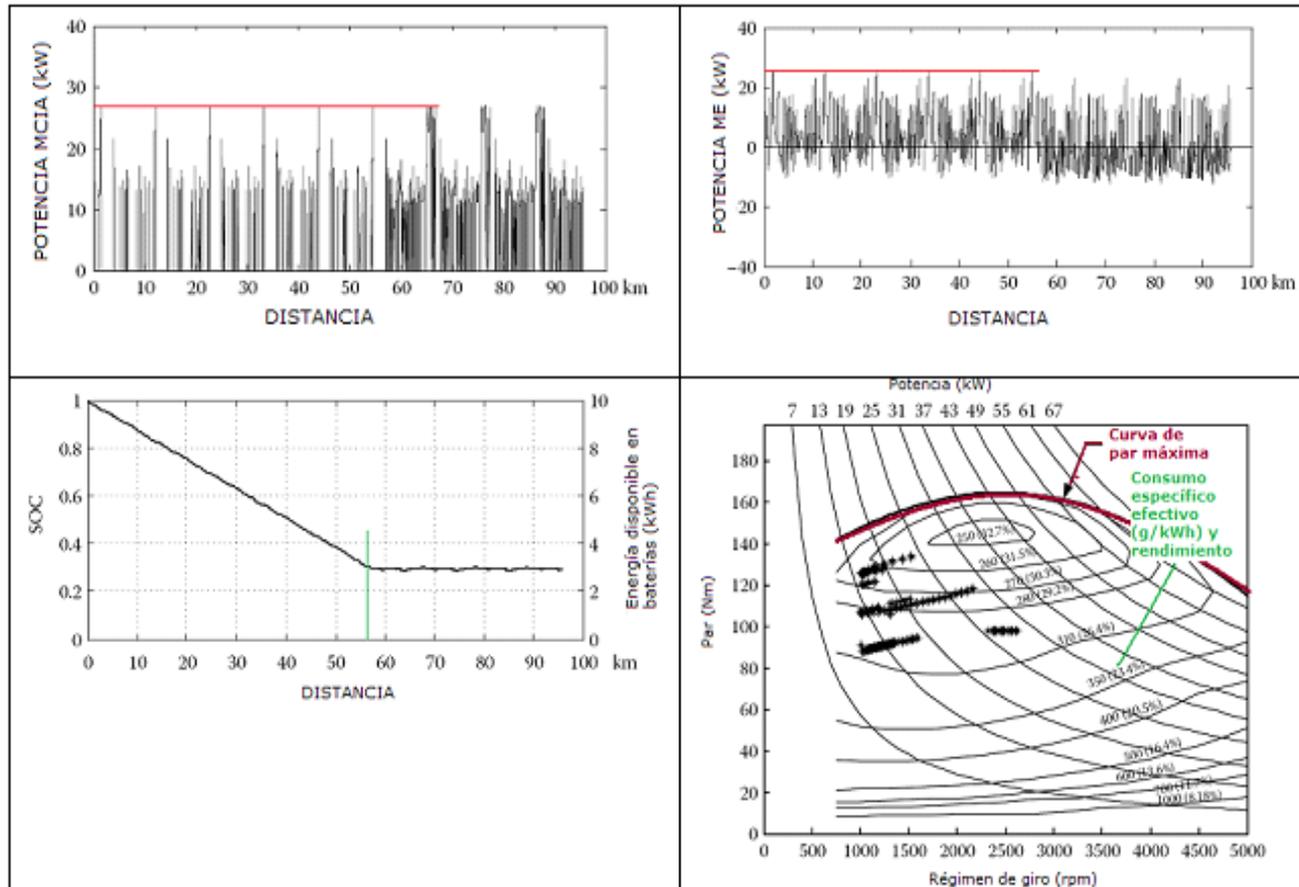
ESTRATEGIA DE CONTROL BASADA EN MODO RANGO PURAMENTE ELÉCTRICO



Se puede observar que cuando la distancia recorrida es menor a 4 ciclos (42,5 km), el vehículo puede desplazar completamente el petróleo con el modo puramente eléctrico. El consumo total de electricidad es de 7,1 kWh y 15,5 kWh/100km. Cuando se incrementa la distancia del viaje, el porcentaje de combustible desplazado decrece, ya que el modo CS está presente en un gran porcentaje del mismo. Para 9 ciclos (96 km), los consumos son los siguientes: 3,2 litros/100km y 7,42 kWh/100km

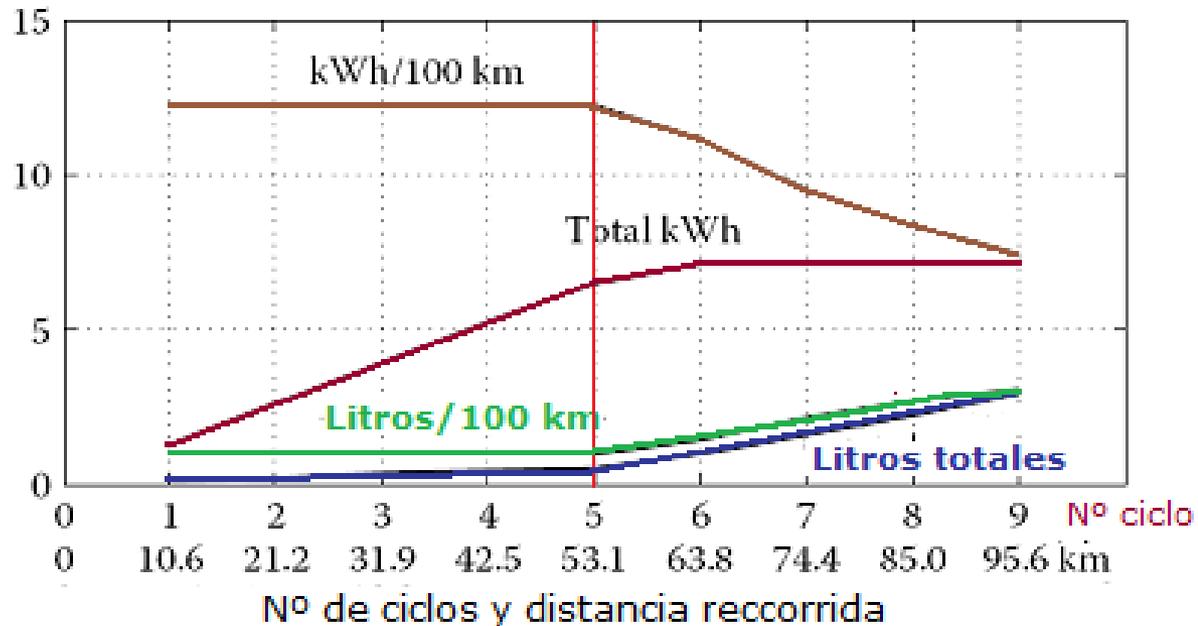
ESTRATEGIA MEZCLADA

CICLO FTP75



ESTRATEGIA MEZCLADA

CICLO FTP75



DIMENSIONAMIENTO DE LAS BATERÍAS

La potencia de la batería se determina a través de la potencia del ME

$$P_{\text{bat}} \geq \frac{P_{\text{ME}}}{\eta_{\text{ME}}}$$

La capacidad total de energía se calcula mediante la siguiente expresión

$$E_{\text{bat}} = \frac{E_{\text{Utilizable}}}{\text{SOC}_{\text{máx}} - \text{SOC}_{\text{mín}}}$$

Donde $E_{\text{utilizable}}$ es la energía utilizable en la batería consumida en el modo VE o CD, $\text{SOC}_{\text{máx}}$ es la energía de la batería completamente cargada ($\text{SOC} = 1$), $\text{SOC}_{\text{mín}}$ es el nivel de energía de la batería a partir del cual entra en modo CS. En el ejemplo anterior la energía utilizable está en torno a 7 kWh y la ventana de operación del SOC es de 0,7 (de 1 a 0,3). La capacidad total de energía almacenada es de 10 kWh

DIMENSIONAMIENTO DE LAS BATERÍAS

La profundidad de descarga de las baterías (DOD) está muy relacionado con la vida de las baterías. Si se asume una descarga profunda diaria, un total de 4000 descargas profundas se requerirían para una vida de 10 - 15 años. Con las características que se muestran en la figura, el 70% del DOD para baterías de NiMH y el 50% del DOD para baterías de Li-ión, sería un buen diseño

