

# LA TECNOLOGÍA HÍBRIDA, LO MEJOR DE DOS MUNDOS

## EL CASO DE TOYOTA

### KARL VAN DIJCK

Director de Recursos Humanos, Formación y  
Asuntos Corporativos  
Toyota España

Toyota es uno de los mayores fabricantes de vehículos y una de las compañías más conocidas hoy día en el mundo. Fue fundada en 1937 por Kiichiro Toyoda, uno de cuyos grandes legados fue la puesta en marcha de la filosofía *just in time* como sistema de producción, que no tardó en extenderse por la industria automovilística de todo el mundo.

Resurgiendo de las cenizas de la debacle industrial de la posguerra japonesa, Toyota se ha convertido en el mayor productor de vehículos de Japón, copando alrededor del 40% del mercado. Toyota empezó a hacer sus pinitos en los mercados extranjeros a finales de los años 50. Los primeros modelos del Crown llegaron a los EEUU en 1957, y alrededor de 1965, con modelos como el Corolla, Toyota empezó a ganarse una reputación y unas ventas capaces de hacer frente a sus competidores. El primer Toyota que se importó a Europa fue vía Dinamarca, en 1963. Desde entonces, Toyota ha continuado su crecimiento dentro del sofisticado y complejo mercado Europeo. A partir del año 2000, con la eliminación del régimen de cupos a los vehículos japoneses, la oferta de productos ha ido aumentando año tras año.

Hoy Toyota comercializa en España (Toyota España engloba las divisiones Toyota y Lexus) 15 modelos

distintos con más de 60 versiones entre las gamas de turismo, monovolúmenes, deportivos, todoterrenos y vehículos comerciales, contando con motorizaciones gasolina, diesel e *Hybrid Synergy Drive* (HSD) de última tecnología en toda su gama, y es una de las compañías más representativas por su reputación y satisfacción al cliente y por su importante apuesta por modelos con tecnología híbrida de reducido consumo, más respetuosos con el medio ambiente.

A este respecto, cabe señalar que no existe una sola tecnología o combustible que pueda ofrecer una solución óptima al problema de las emisiones. Todas tienen deficiencias. Los motores de gasolina emiten menos óxidos de nitrógeno que los diesel y producen unos niveles insignificantes de partículas en suspensión. Los motores diesel, por su parte, son más eficientes y producen menos dióxido de carbono que los de gasolina. Entre las fuentes de energía no



**FIGURA 1**  
**VISIÓN DEL PRODUCTO HACIA EL COCHE ECOLÓGICO**

FUENTE:  
Toyota Motor Corporation.

derivadas del petróleo, los vehículos eléctricos, por ejemplo, son ecológicos, pero no son capaces de ofrecer unas prestaciones satisfactorias ni una autonomía aceptable y siempre han de recargarse. Pero, ¿y si fuera posible combinar diferentes tipos de fuentes de energía y hacer que funcionaran conjuntamente para potenciar sus ventajas respectivas y reducir sus evidentes deficiencias? Este salto hacia delante se ha materializado con la creación de la tecnología híbrida, que constituye hoy una de las tecnologías esenciales de Toyota en el campo de la automoción.

La tecnología híbrida puede aplicarse eficazmente para mejorar las eficiencias de diversos motores, con independencia del tipo de combustible que utilicen (gasolina, diesel, combustibles alternativos o vehículos de pila de combustible). Los híbridos no sólo producen menos emisiones y reducen el consumo de combustible, sino que son completamente silenciosos cuando funcionan en modo eléctrico y ofrecen un impresionante comportamiento al circular. El revolucionario avance logrado por la tecnología híbrida radica en la gestión inteligente de los flujos de energía procedentes de dos fuentes distintas para que cada aspecto de la marcha del vehículo –aceleración, circulación en carretera, frenado y paradas y arranques intermitentes– se desarrolle de manera óptima.

Esta solución altamente innovadora consiste en aunar un motor de gasolina diseñado para reducir al mínimo el consumo de combustible, con un motor eléctrico que no produce emisión alguna y va unido a una batería eléctrica de níquel-metal híbrido que proporciona energía adicional. Estas dos fuentes de energía funcionan conjuntamente bajo la supervisión de un sofisticado controlador de gestión de energía con el fin de ofrecer la máxima eficiencia global en el uso del vehículo. A lo largo del presente artículo mostraremos como Toyota ha sido capaz de unir lo mejor de los dos mundos.

### EL DESAFÍO DE LA TECNOLOGÍA HÍBRIDA EN TOYOTA

Toyota, y la industria del automóvil en general, se están enfrentando a tres grandes desafíos medioambientales: El creciente desequilibrio entre la oferta y la demanda de energía; el decrecimiento de la calidad del aire por el considerable índice de contaminación; y las emisiones de CO<sub>2</sub> cómo el principal causante del Cambio Climático.

El desarrollo continuo de la tecnología de motores resulta crucial para mejorar el rendimiento medioambiental de los vehículos, y en ese sentido Toyota ha identificado tres objetivos clave, a corto y medio plazo:

En primer lugar, un mayor ahorro de carburante para un aprovechamiento óptimo de las reservas existentes de combustibles fósiles.

En segundo lugar, la reducción drástica del CO<sub>2</sub> y las emisiones de escape de partículas, como PM y NO<sub>x</sub>, para combatir el calentamiento global y mejorar la calidad del aire.

En tercer lugar, la diversificación de las fuentes de energía para reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

Con el objetivo de satisfacer las demandas de los clientes que buscan vehículos más económicos y respetuosos con el medio ambiente, sin por ello renunciar al placer de conducción, Toyota sigue demostrando su liderazgo medioambiental a través de la mejora constante de la eficiencia de sus vehículos, buscando la movilidad sostenible con la mirada puesta en el coche ecológico definitivo gracias a la búsqueda constante de soluciones integrales (figura 1).

En ese sentido, Toyota asume el liderazgo medioambiental mediante el desarrollo simultáneo de nuevas

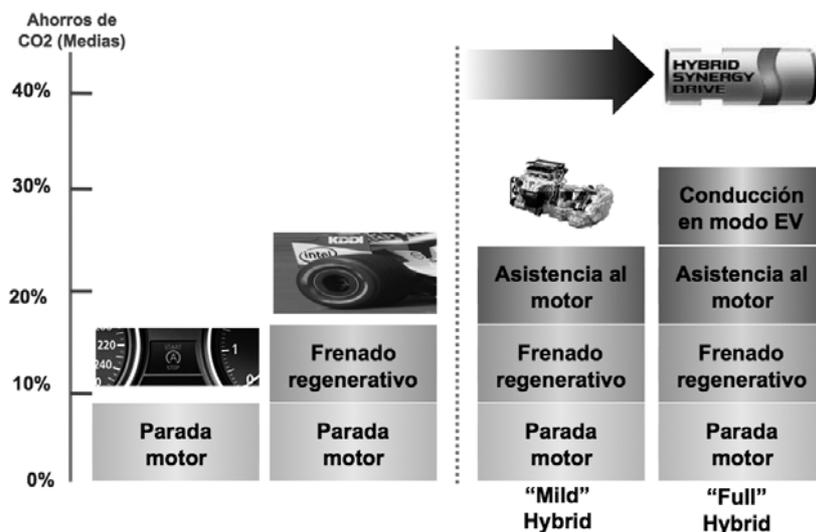


FIGURA 2

## NIVELES DE HIBRIDACIÓN

FUENTE:  
Toyota Motor Corporation.

tecnologías basado en una filosofía: proveer el coche adecuado, en el momento adecuado en el lugar adecuado. Los esfuerzos de desarrollo que se llevan a cabo desde Toyota pretenden incorporar las distintas posibles fuentes energéticas adecuándose a cada una de las realidades regionales.

Actualmente, el desarrollo de nuevas tecnologías o tecnologías más eficientes se centran en tres grandes frentes:

**Toyota Optimal Drive**, que tiene por objeto optimizar la eficiencia de la gama actual de motores de gasolina y diesel, combinando el desarrollo de una potencia superior con una reducción de las emisiones.

**Hybrid Synergy Drive®**, una tecnología central aplicable a todos los futuros modelos. Su sistema híbrido combinado ofrece la posibilidad de una conducción silenciosa y sin emisiones en el modo de vehículo eléctrico (EV).

El desarrollo acelerado de modelos basados en **fuentes alternativas de generación de energía**, como el futuro vehículo eléctrico Toyota (FT-EV) y, gracias al mayor avance del HSD, el Prius Híbrido Enchufable (*Plug-in Hybrid*, PHV) y el vehículo de pila de combustible de hidrógeno (FCHV-adv).

A medio y largo plazo, las fuentes energéticas en la automoción se diversificarán aún más, haciendo imprescindible el desarrollo de tecnologías que sean capaces de operar con un abanico de combustibles. Sin embargo, debido a que son numerosas las complicaciones asociadas a convertir las fuentes de energía alternativas viables (en su sentido comercial) es necesario, a corto plazo, concentrarse en los combustibles

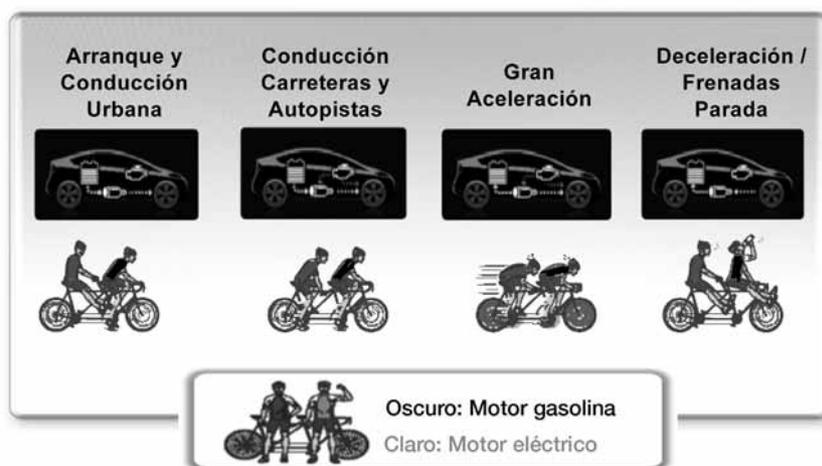
convencionales. Por este motivo, el principal esfuerzo de los fabricantes de automóviles se encuentra en hacer más eficiente el uso del carburante en los motores de combustión interna y los sistemas de transmisión

A largo plazo se puede considerar que la tecnología híbrida, será una tecnología transversal, aplicable a cualquier fuente energética y tecnología de combustión ya que aporta esencialmente mayor eficacia energética.

### Niveles de hibridación †

Actualmente en el mercado existen distintos modelos híbridos, pero con distintos niveles de Hibridación, cuyas prestaciones varían considerablemente. A saber: la parada del motor cuando el vehículo se detiene, un frenado regenerativo que alimenta la batería normal o la del motor eléctrico, asistencia al motor de combustión tradicional mediante el motor eléctrico, lo que llamamos el *mild Hybrid*, y, por último, en un alto nivel de hibridación, o el *Full Hybrid*, cuando el motor eléctrico es capaz de propulsar por sí sólo el vehículo. Hasta la fecha sólo los modelos de Toyota alcanzan este nivel de hibridación (figura 2).

El objetivo a largo plazo de Toyota es que todos los modelos estén dotados de la tecnología híbrida en 2020. Actualmente Toyota es el líder indiscutible de la tecnología híbrida y ha contribuido enormemente a la venta de los más de 2 millones de vehículos híbridos en el mundo, y a los más de doscientos mil en Europa. Se estima que con estos 2 millones de híbridos, se ha evitado la emisión de 7,5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> y reducido el consumo de combustible en 2,7 millones de litros.



**FIGURA 3**  
**FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HÍBRIDO**

FUENTE:  
Toyota Motor Corporation.

### Funcionamiento de la tecnología híbrida

La tecnología híbrida tiene dos componentes esenciales: motor de gasolina y motor eléctrico. El funcionamiento de un vehículo híbrido lo podríamos explicar utilizando la analogía de dos ciclistas que como equipo proporcionan la fuerza del sistema híbrido (figura 3):

El ciclista que marcha por delante, es el potente motor eléctrico, es un *sprinter* especializado en arranques rápidos y sprints cortos. Su compañero rojo, representa el motor de combustión, y es un corredor de fondo, garantizando potencia estable sobre distancias largas. En el arranque, el motor eléctrico mueve el coche, así como en conducción urbana a baja velocidad. En conducción en carretera y autopistas, el ciclista que va por detrás o el motor de combustión es la principal fuerza que propulsa el vehículo, ayudado por el motor eléctrico para optimizar el consumo de gasolina. En situación de gran aceleración los dos ciclistas dan su máximo. Finalmente, en situación de frenado o de desaceleración la energía cinética que se genera es capturada para recargar las baterías del ciclista que va por delante, regenerando la energía perdida en energía eléctrica almacenándola en la batería.

Un ejemplo claro del funcionamiento de tecnología híbrida se puede ver en el Prius Híbrido de tercera generación, que ya ofrece unas prestaciones destacables. Efectivamente en ciclo combinado, tiene un consumo medio de 3,9L/100Km, emitiendo en consecuencia 89 gr/km. Es decir 65 gr menos que cualquier vehículo con motor gasolina en el mercado de peso y tamaño similar. Lo que equivale en reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a cerca de 1 tn de CO<sub>2</sub> (cálculo a 15.000 km por año). En modo EV, el vehículo

es capaz, con batería completamente recargada, de recorrer cerca de 3 kms, con velocidades hasta 50 Km/h. Es decir este vehículo podría recorrer la mayoría de las zonas de bajas emisiones en modo eléctrico puro, sin emitir emisiones de CO<sub>2</sub>.

### DESAÍOS DE FUTURO Y AVANCES TECNOLÓGICOS

El *World Energy Outlook 2009*, estimó que el parque global de vehículos debería componerse en el 2030 en un 60% de vehículos Híbridos, Híbridos Enchufables y Eléctricos, para que se evite el calentamiento de la Tierra con una subida de dos grados en la temperatura. Sin embargo, el AIE para el 2030 sólo ve factible que cerca de un 8% del parque móvil sea constituido por vehículos eléctricos.

En la actualidad, la mayor parte de coches híbridos funcionan con baterías de níquel metal-hidruro que impulsan un motor eléctrico y pueden recargarse rápidamente mientras el automóvil está desacelerando o se encuentra detenido. Hasta ahora, las baterías que se estaban desarrollando contaban con cinco importantes obstáculos: baja capacidad de almacenamiento de energía eléctrica y de potencia para impulsar el vehículo; peso y dimensiones; estabilidad de los materiales; rentabilidad económica. Sin embargo, nuevos avances en este campo podrían revolucionar la industria del automóvil. Las baterías de ión-litio, por ejemplo, incrementan notablemente la capacidad de almacenamiento de energía. El principal inconveniente sigue siendo su todavía mayor coste.

Efectivamente, si consideramos la densidad energética, tanto por peso como por volumen que las baterías puedan aportar hoy en día, comparado a otras

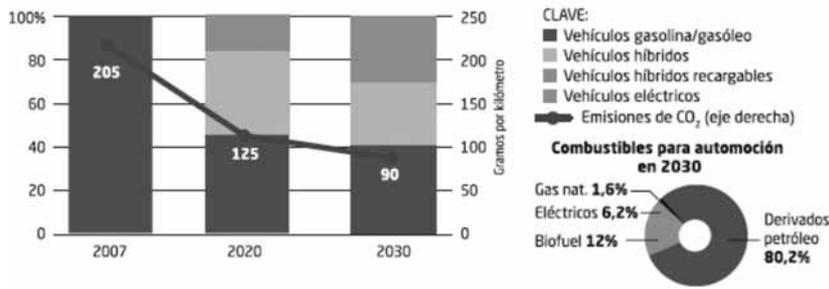


FIGURA 4

**VEHÍCULOS DE NUEVA  
TECNOLOGÍA:  
PROYECCIÓN AIE**

FUENTE:  
Agencia Internacional de la Energía.

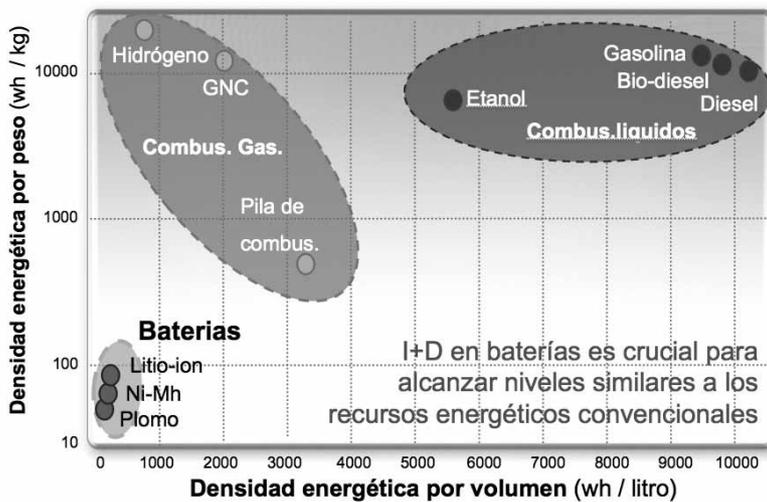


FIGURA 5

**DENSIDAD ENERGÉTICA  
DE LAS BATERÍAS**

FUENTE:  
Toyota Motor Corporation.

fuentes energéticas, queda un importante esfuerzo en I + D para alcanzar niveles similares, que harán su aplicación más efectiva en los vehículos de mañana.

**Híbridos enchufables como solución alternativa al coche eléctrico ↓**

Teniendo en cuenta las bondades y limitaciones de las distintas tecnologías en un plazo previsible, Toyota ve su aplicación, y posible utilización (figura 6, en página siguiente).

Efectivamente, dadas las limitaciones en autonomía y capacidad, el uso de los vehículos eléctricos estará esencialmente limitado a entornos urbanos y aplicados a vehículos de tamaño reducido. Estos vehículos podrán satisfacer solamente una determinada necesidad de movilidad. Ahora bien, los transportes de larga distancia o de gran tonelaje, podrán incorporar de manera más fácil y efectiva la tecnología de la pila de combustible.

La electricidad es una de las vías prometedoras para lograr una movilidad sostenible. El Híbrido Enchufable es una solución práctica para facilitar un uso creciente de la electricidad como fuente de propulsión, sin estar condicionado por las actuales limitaciones de autonomía causadas por la capacidad de las baterías, o la necesidad de invertir en una amplia red de infraestructuras.

Como muestra el la figura 7 (página siguiente), el híbrido enchufable permite aprovechar al máximo el uso de la energía eléctrica, cargando el vehículo en casa o en puntos de recarga públicos en horas de bajo consumo eléctrico.

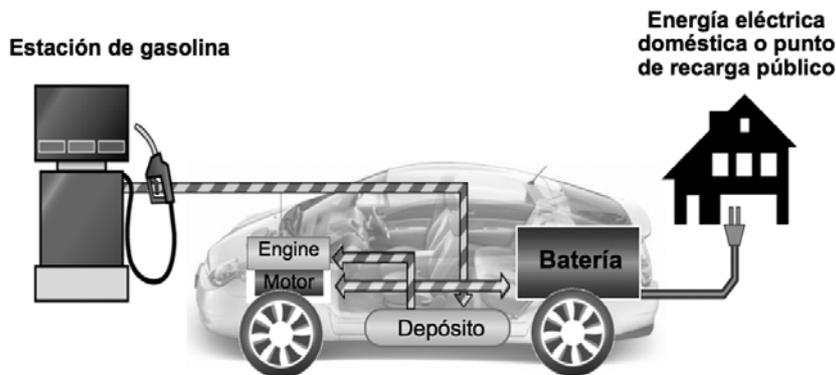
Las prestaciones del híbrido enchufable se pueden resumir en las siguientes características:

- ✓ Autonomía de más de 20 kms en modo eléctrico puro.
- ✓ Hasta una velocidad máxima de 100 Km/h.



**FIGURA 6**  
VISIÓN DE TECNOLOGÍAS Y SU APLICACIÓN

FUENTE: Toyota Motor Corporation.



**FIGURA 7**  
LO MEJOR DE DOS MUNDOS: EL HÍBRIDO ENCHUFABLE

FUENTE: Toyota Motor Corporation.

- ✓ Cero emisiones de CO<sub>2</sub> en entornos urbanos, respetando los parámetros anteriores.
- ✓ La batería se recarga en 90 minutos a 220V.
- ✓ Autonomía total superior a los 1.200 kms en modo híbrido.
- ✓ Resultando en un consumo de 2,6L/Km en modo combinado.
- ✓ Emitiendo 59 gr/km en modo combinado.

En la práctica, este vehículo se comporta como un vehículo eléctrico (que utiliza su motor eléctrico) en distancias cortas y en un vehículo híbrido en distancias largas cumpliendo con las demandas de movilidad variada que demuestran los patrones de conducción a nivel europeo.

Es por esto que el híbrido enchufable se posiciona como una alternativa real al coche eléctrico, no sólo por su similar comportamiento en recorridos urbanos, sino también por no tener limitaciones de autonomía (gracias a su motor de combustión) en recorridos interurbanos.

#### Necesidades de movilidad ↴

Se calcula que, para el año 2015, el 70 % de los europeos vivirá en zonas urbanas. Por otra parte, estudios recientes de Toyota sobre patrones de desplazamientos urbanos en Francia y el Reino Unido han mostrado que más del 80% de los desplazamientos en coche cubren menos de 25 km de distancia. En Francia, el 55% de los desplazamientos son de menos de 10 km, mientras que en el Reino Unido esa cifra asciende hasta cerca del 80%. En este contexto, el

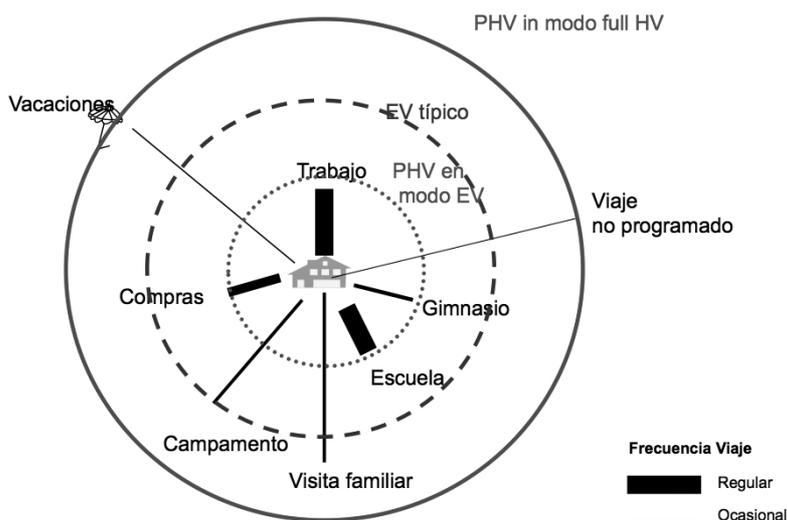


FIGURA 8

### CONCEPTO DE AUTONOMÍA EN MODO ELÉCTRICO

FUENTE:  
Toyota Motor Corporation.

potencial de la electricidad para proporcionar una movilidad sostenible de corto a medio plazo está asegurado. Si trasladamos los hábitos de transporte de los españoles (según estudio UNESPA) a un vehículo híbrido enchufable, donde un 63% recorre como media 36 kilómetros diarios para ir a trabajar, etc, podemos observar que un vehículo híbrido enchufable, con una autonomía de más de 20 kms, sería capaz de realizar esos 36 kilómetros con un impacto medioambiental mínimo y un ahorro de combustible considerable.

Por otra parte, datos de la encuesta Movilia (MFOM, 2007), indican que entre las personas que viajan de forma cotidiana, el promedio realiza tres desplazamientos al día. Esta cifra deja clara la importancia de la autonomía para cubrir la distancia de trayecto. Dada la relativa rápida recarga de la batería, en una hora y media se logra recargar la batería, ello permite que durante las compras semanales, la comida se pudiera lograr recargar, sino la totalidad, gran parte de la batería para volver a afrontar un trayecto de cerca de 20 kms en modo eléctrico puro.

Con respecto a desplazamientos más largos, sigue existiendo una elevada necesidad de transporte interurbano de pasajeros en España. Anualmente, según datos de Movilia, 2007, se realizan 177,9 millones de viajes con distancias superiores a 100 Km, y cerca de 80% de estos desplazamientos se realizan con el coche.

A pesar de que los méritos medioambientales de los vehículos eléctricos para desplazamientos urbanos están más que demostrados, los avances en esos vehículos se ven entorpecidos por el peso, el tamaño y el coste de las baterías de gran capacidad

necesarias para ofrecer una autonomía apenas satisfactoria, así como por la ausencia de una infraestructura de recarga adecuada.

Al lanzar el Prius híbrido enchufable, Toyota ha considerado ambos problemas. Por una parte, ha determinado que, a la luz del progreso actual en el desarrollo de baterías, la arquitectura híbrida enchufable es la solución tecnológica más viable para la electrificación de los motores.

Un vehículo híbrido enchufable no tiene el problema de la autonomía limitada. De hecho, una vez que supera la autonomía en modo EV (eléctrico), empieza a funcionar automáticamente como un híbrido combinado convencional. En la práctica, esto supone que el híbrido enchufable permite disponer de un único vehículo para recorridos tanto urbanos como interurbanos. Por el contrario, el coche eléctrico y su autonomía limitada obligan en la práctica disponer de dos vehículos, el de recorridos urbanos (eléctrico) y el de recorridos interurbanos (con otro tipo de tecnología). En la figura 8 se explica el concepto en términos de movilidad que quiere cubrir el híbrido enchufable.

Los trayectos cortos, que también son los más frecuentes, se podrán realizar completamente o en gran medida, en modo eléctrico puro. Los trayectos medios, y por definición menos frecuentes, podrán realizarse parte en modo eléctrico y completado en su último tramo en modo híbrido. Y por último, los trayectos largos, cómo las vacaciones anuales u otros desplazamientos menos frecuentes, podrán realizarse completamente en modo híbrido, sin preocuparse de la existencia de infraestructura de recarga en el itinerario.

Toyota está convencido que el concepto de Prius Híbrido Enchufable da una respuesta adecuada a la necesidad de movilidad de la gran mayoría de los conductores sin que deban de sacrificar otras necesidades como:

**Capacidad de carga:** el PHV sólo reduce la capacidad de carga con 30 litros del maletero, pudiendo transportar cómodamente hasta 5 pasajeros.

**Placer de conducción:** el PHV ofrece las mismas prestaciones que un coche tradicional de tamaño similar.

Vale la pena mencionar también que el aire acondicionado del Prius híbrido enchufable se puede activar a distancia, cuando el vehículo está enchufado. Aplicando calefacción o refrigeración, el Sistema remoto de climatización permite que el habitáculo esté a la temperatura requerida antes de entrar en él.

Asimismo, se ha incorporado un exclusivo indicador del sistema híbrido para ayudar a los conductores a maximizar las ventajas de la conducción en modo EV. También se ha integrado en el indicador de la batería la autonomía en modo EV, según la carga restante de la batería, y se ha añadido un visor del punto de partida del motor para enfatizar el incremento de autonomía en modo EV.

Por otra parte, en la pantalla multivisión electrónica hay un visor que destaca específicamente la contribución del híbrido enchufable a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. El visor representa gráficamente a un árbol que se va convirtiendo en un bosque durante el uso del vehículo como resultado de la reducción de emisiones por conducción en modo eléctrico. Todas estas aplicaciones pretenden hacer más intuitiva la conducción del PHV.

### De concepto a prueba piloto

A principios de 2010, más de 600 unidades PHV equipados con baterías de ión litio participarán en un programa de alquiler limitado en todo el mundo. De ellas, sólo en Europa se desplegarán 200 unidades de las cuales 5 estarán en España. Las unidades restantes se repartirán entre EE.UU. y Japón. Con esta prueba piloto en España se pretende conocer los patrones de consumo de los conductores y adecuar la tecnología en base a la logística e infraestructura disponible para poder ajustar las capacidades técnicas de los vehículos Toyota a las necesidades de movilidad existentes.

Antes de que estos vehículos puedan llegar a ser una realidad comercial, Toyota tiene que evaluar cada una de estas mejoras tecnológicas en un entorno real. A través de este programa, se pretende evaluar la respuesta del mercado y saber qué características del producto suscitan más interés y por qué. El PHV de Toyota busca cumplir con las demandas de los usuarios para lograr una mayor satisfacción; el que conduce es el que mejor conoce sus necesidades.

### CONCLUSIONES

Es un hecho innegable que el vehículo eléctrico está próximo a convivir con los vehículos convencionales pero aún se necesita mucho tiempo y muchos esfuerzos para mejorar la capacidad de las baterías y crear una red suficiente, y paralela a la actual, de gasolineras con infraestructura de recarga eléctrica.

Como demuestran los patrones de conducción, el vehículo eléctrico puro será una realidad en un futuro no muy lejano y la oferta de este tipo de vehículos aumentará de manera exponencial. Mientras tanto, los ciudadanos necesitan un vehículo que les brinde autonomía y libertad, algo que por ahora el vehículo eléctrico aún no puede cumplir. No obstante, las limitaciones de estos en algunas áreas posicionarán al vehículo híbrido enchufable como la opción preferente de transporte para aquellos usuarios que precisen mayor flexibilidad y rendimiento más allá de entornos puramente urbanos.

La tecnología híbrida, que conjuga lo mejor de ambos mundos (capacidad eléctrica de desplazamiento y alta eficiencia del motor de gasolina junto con recuperación energética en las frenadas), está contribuyendo a resolver este dilema. Su capacidad de maximizar las ventajas de diferentes opciones tecnológicas y de combustibles convierte a la hibridación en una técnica fundamental en el progreso de los mecanismos de propulsión alternativa en la industria automovilística.

Hoy por hoy se nos exigen dos cosas a los fabricantes de vehículos: autonomía para la movilidad y el respeto al medio ambiente. En Toyota somos conscientes de ello pero también entendemos que el progreso necesita de esfuerzos compartidos por parte de la ciudadanía, las administraciones y de nosotros, los fabricantes de vehículos. El híbrido es y será una solución real y pragmática a nuestras exigencias presentes y futuras. El híbrido ha llegado y está aquí para quedarse.