

**PLATAFORMA TECNOLÓGICA ESPAÑOLA DEL
HIDRÓGENO Y DE LAS PILAS DE COMBUSTIBLE**

GRUPO ESTRATEGIA Y PLANIFICACIÓN

**SUBGRUPO DE APLICACIONES PORTÁTILES Y DEL PEQUEÑO
ELECTRODOMÉSTICO**

INFORME DE RECOMENDACIONES

Noviembre 2006



ÍNDICE

Presentación

1.- Propuesta de Matriz DAFO

2.- Propuesta de Acciones a Corto Plazo (hasta 2010) y Medio Plazo (hasta 2020)

2.1.- Investigación básica

2.2.- Desarrollo Tecnológico

2.3.- Proyectos de Infraestructura

3.- Propuesta de Acciones Transversales

4.- Estimación de presupuesto de ayudas públicas específicas para aplicaciones al transporte



PRESENTACIÓN

El presente documento, producido por el Subgrupo de Aplicaciones Portátiles y del Pequeño Electrodoméstico del Grupo de Estrategia y Planificación de la Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y Pilas de Combustible, PTE-HPC, recoge una serie de reflexiones y recomendaciones relativas a las necesidades del País en relación al cumplimiento de unos objetivos.

Estos objetivos son la consecución de un desarrollo científico-tecnológico en el corto y medio plazo tal que permita, en el medio y largo plazo, 1) mantener un nivel de competitividad de las empresas nacionales de nivel europeo, y 2) desarrollar la capacidad de comercializar aplicaciones portátiles y del pequeño electrodoméstico basadas en tecnología nacional del hidrógeno y las pilas de combustible.

En este escenario, se entiende por “aplicaciones portátiles” y “pequeño electrodoméstico” lo siguiente:

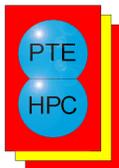
Aplicaciones Portátiles: todas aquellas aplicaciones en que el dispositivo completo (aplicación + generador de energía y combustible) puede ser fácilmente acarreado por una persona, o transportables, en que el dispositivo, de mayor peso y tamaño, puede ser cambiado de ubicación por una o dos personas sin necesidad de ayudas técnicas adicionales.

El rango de potencias contemplado abarca, de modo orientativo, desde 1W (minipilas de combustible) hasta unos 2-3 kW (generadores transportables)

Estas aplicaciones generalmente harán uso de una pila de combustible de membrana polimérica, PEMFC alimentada por hidrógeno, una tecnología relativamente madura en la actualidad, existiendo otras opciones como las pilas de combustible de metanol directo, DMFC, las PEMFC de alta temperatura (120-180°C), HT-PEMFC, o incluso en algunas ocasiones las pilas de combustible de óxido sólido, SOFC, tal y como ha sido propuesto.

El combustible más habitual será el hidrógeno, almacenado a alta presión (200bar o mayor) en minibotellas de gas comprimido, o bien a baja presión en cartuchos de hidruros metálicos. Alternativamente pueden utilizarse sistemas químicos de generación in situ de hidrógeno. Otra opción es la de utilizar metanol como combustible, que podrá ser almacenado puro o mezclado con agua, según el caso. Alternativamente, el metanol u otros combustibles hidrocarbonados pueden ser procesados in situ en un minireformador para alimentar a una pila de hidrógeno. La tecnología HT-PEMFC se presenta como la más ventajosa en esta configuración.

Aplicaciones del Pequeño Electrodoméstico: todas aquellas en las que un generador de pila de combustible proporciona electricidad y calor para su



utilización en el ámbito doméstico, en sustitución o complemento de las actuales calderas de gas.

El rango de potencias contemplado abarca, de modo orientativo, de 1 a 10 kW, aunque el tamaño más habitual para un domicilio medio puede estar en torno a 3-5 kW.

Estas aplicaciones generalmente harán uso de una pila de combustible de óxido sólido, SOFC, con una alta temperatura de operación (900°C) y por lo tanto con grandes posibilidades de utilización del calor residual y alta eficiencia eléctrica. Alternativamente, se ha propuesto la tecnología PEMFC (de baja -70 a 80°C- o alta temperatura -120-180°C-) como candidata a este tipo de aplicaciones, si bien con unas eficiencias menores y una producción de calor de menor calidad (temperatura).

El combustible de referencia a corto y medio plazo es el gas natural procedente de la red convencional. Este combustible puede ser procesado en un reformador externo a la pila de combustible para producir in situ el hidrógeno alimentado a la pila (única opción existente en el caso de las PEMFC, tanto de baja como de alta T), o bien puede ser alimentado directamente a una pila SOFC de características adecuadas (reformado interno). En el muy largo plazo se vislumbra la posibilidad de disponer de canalizaciones que hagan llegar hidrógeno hasta los domicilios particulares, si bien la viabilidad real de esta opción está aún en discusión.

En España existen diversos agentes industriales, institutos de investigación y universidades trabajando en las líneas anteriores u otras afines. En el caso de las aplicaciones portátiles destaca CEGASA como agente industrial que desarrolla una trayectoria de varios años desarrollando tecnología PEMFC y aplicaciones portátiles en colaboración con el centro tecnológico privado CIDETEC. En el caso de las aplicaciones del pequeño electrodoméstico destaca el grupo MONDRAGÓN CORPORACIÓN COOPERATIVA, MCC, que desarrolla tecnología SOFC para aplicaciones domésticas en colaboración con el centro tecnológico privado IKERLAN. Estos cuatro agentes, presentes en el Subgrupo, vienen colaborando mutuamente desde hace algunos años en aspectos puntuales y complementarios relacionados con las pilas de combustible.

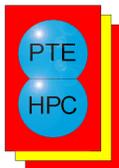
Otro agente destacado es AIJU, instituto tecnológico del juguete, y que viene tratando de aplicar pilas de combustible como fuente de alimentación de vehículos eléctricos convencionalmente alimentados por baterías de plomo.

Otros agentes presentes en el subgrupo y que vienen desarrollando actividad en este campo, o que han mostrado su interés en este tipo de tecnologías y aplicaciones, son: CEIT, UPV, y UPC.



Para concluir esta Presentación, y tratando de definir el valor añadido de estas aplicaciones para la industria Española, así como las condiciones de partida de este Informe, todo ello a modo de justificación de los planteamientos contenidos en este documento, cabe realizar las siguientes observaciones:

1. Las aplicaciones estacionarias en general, y las domésticas en particular, hacen uso de una de las principales ventajas de las pilas de combustible como tecnología energética, y que es su elevada eficiencia. Esto tendrá indudablemente un positivo efecto sobre el medioambiente racionalizando el uso de los recursos energéticos primarios y disminuyendo las emisiones de CO₂, una vez que la penetración en el mercado de productos de este tipo sea significativa.
2. Las aplicaciones portátiles, por el contrario, y por su propia naturaleza, no se espera que contribuyan significativamente a la mejora de las condiciones ambientales salvo en puntos muy localizados. En este caso los beneficios competitivos residen en alcanzar una mayor autonomía de operación con la mínima huella sonora, en comparación con las tecnologías con las que compiten (baterías y generadores de combustión).
3. En ambos casos, el principal beneficio de ambas tecnologías y aplicaciones es el que puede obtener la industria española como desarrollador de tecnología avanzada y basada en el conocimiento, abriendo nuevos mercados punteros y de prestigio, y generando nuevas líneas de negocio y nuevos puestos de trabajo especializados.
4. Sin embargo, y a pesar de la existencia de una tecnología nacional propia en desarrollo que ya está dando lugar a sus primeros frutos, el nivel general en relación a Europa, y mucho más en relación al otros competidores, está aún en una situación bastante primaria. Una de las causas de esta situación es la escasa financiación que han venido recibiendo tanto las industrias como los agentes tecnológicos en tiempos recientes, si bien se empieza a percibir un cambio por parte de diversas instituciones con las nuevas convocatorias PSE y CENIT.
5. Otra de las dificultades tradicionales es la dispersión de las financiaciones, obligando a industria y agentes tecnológicos a trabajar en muchos proyectos con escasa financiación por proyecto, multiplicando las temáticas y la burocracia, con la consiguiente dispersión de esfuerzos (como muestra: facturación típica de un agente tecnológico en España: 60-70k€ por empleado y año; facturación típica de un centro de prestigio europeo tal como el ECN de Holanda: 120 k€ por empleado y año).



1. MATRIZ DAFO

La siguiente matriz DAFO pretende mostrar una fotografía de la situación nacional en el campo de actividad de las Aplicaciones Portátiles y del Pequeño Electrodoméstico:

<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Notable retraso con respecto a Europa, en relación al desarrollo de pilas de combustible con tecnología propia • Escaso interés por parte de la industria española (salvo contadas excepciones) por el desarrollo de tecnología propia de pilas de combustible. • El interés empresarial por las aplicaciones portátiles es moderado • El interés empresarial por las aplicaciones domésticas es relativamente escaso • Baja coordinación entre grupos de investigación • Prácticamente nulo interés empresarial por la tecnología DMFC • Escasa presencia nacional en eventos internacionales • Falta de tecnología propia nacional • Competidores mejores y más avanzados en desarrollo • Ausencia de un programa de financiación específica por parte del gobierno para Pilas de Combustible e Hidrógeno 	<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Carencia de una tecnología nacional propia de pilas de combustible • Necesidad de importar tecnología (pilas) para el desarrollo de proyectos de demostración • Muy baja actividad en una de las tecnologías de referencia, como es dmfc • Muy escasa actividad y masa crítica en desarrollo de las tecnologías de interés para el almacenamiento de hidrógeno para aplicaciones portátiles (desarrollo de hidruros metálicos y químicos) • Planes de i+d en pilas de combustible e hidrógeno (usa, japon, alemania,...). • Posible entrada de países como china o india con costes mucho más bajos
<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Existencia de algunos grupos con actividad sostenida en tecnologías de referencia como PEMFC y SOFC • Existencia de una cierta masa crítica investigadora (CCTT, universidades, opis) con experiencia en todos los componentes de una pila de combustible, así como en reformadores de gas natural orientados al pequeño electrodoméstico • Existencia de financiación privada por parte 	<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Empieza a haber otras empresas que muestran interés por las aplicaciones portátiles y/o domésticas, mercados potenciales como electrónica o juguetes eléctricos • Existencia de un proyecto singular y estratégico en curso (epico) centrado en el desarrollo de pilas de combustible españolas • Existencia de un proyecto faro del 6pm (hychain) con participación española, basado



<p>de algunas empresas para el desarrollo de pilas de combustible para aplicaciones portátiles y pequeño electrodoméstico.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Creación de la plataforma para coordinar y agrupar los esfuerzos individuales. • Existencia de una red robusta de gas natural doméstica facilita la posible implantación de las FC en ese sector • Creación de la Plataforma Española para coordinar y agrupar los esfuerzos individuales 	<p>en la demostración de pilas de combustible de baja potencia en general (portátiles, vehículos pequeños...)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las pilas de combustible de baja potencia para aplicaciones portátiles y de pequeño electrodoméstico pueden ser consideradas un punto de partida para otras (automoción, generación estacionaria). • El ir a “remolque tecnológico” tiene la ventaja de que te confirma el camino a seguir • Existencia de un mercado potencial de agentes de i+d, actualmente compradores de tecnología importada, para las primeras pilas propias que vayan estando disponibles • Proyectos de demostración (hidrógeno y pilas) que se están llevando a cabo y están concienciando a sectores de la población • La carestía del mercado energético facilita la introducción de tecnologías eficientes como las fc
--	---

<p>Estrategias defensivas:</p> <p><u>Corto plazo:</u> -Creación de un programa nacional específico para H2 y Pilas de Combustible</p> <p><u>Medio plazo:</u> -Creación de centro de I+D específico para H2 y Pilas de Combustible</p>	<p>Estrategias ofensivas:</p> <p><u>Corto Plazo:</u> -Desarrollo de proyectos de demostración promovidos entre los componentes de la plataforma -Acuerdos de colaboración con empresas o centros extranjeros (incluyendo compra de patentes)</p> <p><u>Medio plazo:</u> -Desarrollo de productos competitivos en costes para afianzar posiciones en el mercado (ello implicaría la posible financiación por parte del gobierno de parte costes)</p>
<p>Estrategias de supervivencia:</p> <p><u>Corto plazo:</u> -Desarrollo de tecnología propia. -Primas para empresas que demuestren I+D en H2 y Pilas de Combustible (tal vez de tipo Fiscal) -Acuerdos políticos con países líderes que favorezcan la estancia de tecnólogos españoles en centros extranjeros</p>	<p>Estrategias de reorientación:</p> <p><u>Corto plazo:</u> -Aumento de formación de recursos tecnológicos (cursos, másters)</p> <p><u>Medio plazo:</u> -Introducción de módulos destinados a H2 y Pilas de Combustible en los planes de Estudios de ESO y Universidades.</p>



2. PROPUESTA DE ACCIONES A CORTO PLAZO (HASTA 2010) Y MEDIO PLAZO (HASTA 2020)

Para el desarrollo y despliegue de las tecnologías de interés para las aplicaciones portátiles y del pequeño electrodoméstico, será necesario desarrollar una serie de actividades de investigación básica, desarrollo tecnológico y de infraestructuras, que podrán verse acompañadas por diferentes actividades transversales en relación a otras temáticas y aplicaciones.

En el presente Informe de Recomendaciones se describen las Acciones propuestas por este Subgrupo para la consecución de los objetivos de desarrollar una tecnología nacional de pilas de combustible en el ámbito de referencia. Estas Acciones están detalladas en el documento “SG AP&PE GEP_formato propuesta de Acciones” en el que se especifican las estimaciones económicas para la consecución de las mismas.

Al existir dos tecnologías de referencia, PEMFC y SOFC, cada una con sus especificidades y nivel de desarrollo general, ambas tecnologías contando con el soporte de una industria española que viene apostando por ellas desde hace ya algunos años, las Acciones que se presentan a continuación están divididas en función de la tecnología a la que se refieren.

De todas formas, se puede anticipar que el hilo conductor de las Acciones propuestas se basa en el desarrollo de tecnologías propias para las pilas de combustible propiamente dichas, de una y otra tecnología. En otras palabras, **se identifica que la primera necesidad de cara al desarrollo y despliegue de las Aplicaciones Portátiles y del Pequeño Electrodoméstico es el desarrollo de pilas –stacks- PEMFC y SOFC propios.**

Para ello se definen las siguientes Acciones, que van desde la investigación básica en los materiales y componentes de mayor valor añadido que los componen hasta el desarrollo de las infraestructuras básicas de fabricación, pasando por el desarrollo tecnológico en la construcción, ensamblaje, caracterización y utilización de los stacks.

Finalmente, se apuntan varias acciones transversales relacionadas fundamentalmente con aspectos compartidos con otros grupos de trabajo como los relacionados con el almacenamiento y procesado del combustible.

2.1. Investigación básica

Las Acciones de investigación básica tienen que ver con el desarrollo de los materiales y componentes de mayor valor añadido para la pila, sea SOFC o PEMFC.

En el caso de ésta última tecnología, si bien la utilización de productos comerciales como la membrana Nafion puede ser aceptable para la industria – siempre y cuando mantenga una adecuada cantidad de tecnología propia y valor añadido en el resto de la pila-, la I+D en capítulos como las membranas y los catalizadores constituye el campo de mayor riesgo pero de mayor impacto



potencial en la tecnología PEMFC en caso de desarrollarse unos materiales innovadores que aporten mejoras en coste y durabilidad.

En el caso de las SOFC, ánodo, cátodo y electrolito constituyen igualmente el núcleo de la pila que va a definir tanto sus prestaciones como su coste, durabilidad, y metodología de fabricación. Por lo tanto, la investigación en materiales con conductividades mejoradas y que sean fácilmente fabricables es de una prioridad máxima.

Corto (2010) y Medio/Largo Plazo (2020)

En el caso de la Investigación Básica propuesta se plantea una transición sin discontinuidades entre el corto y el medio/largo plazo. Tratándose de investigación básica en unos temas en los que existe gran competencia internacional, a pesar de lo cual los objetivos tradicionales –coste, prestaciones y durabilidad- siguen casi permanentemente vigentes, se recomienda mantener líneas activas en estos campos durante el periodo de vigencia del informe (hasta 2020).

2.2. Desarrollo tecnológico

Ya en el ámbito del Desarrollo Tecnológico, el objetivo es desarrollar las tecnologías nacionales de stacks de pila de combustible PEMFC y SOFC como primera prioridad. En este caso sí se puede plantear una diferencia de contenidos y filosofía entre el corto y el medio/largo plazo.

Corto Plazo (hasta 2010)

Partiendo de la base de la existencia de una tecnología nacional incipiente, a corto plazo se plantea enfocar los esfuerzos de cara a la mejora y optimización de los elementos básicos de la pila de combustible, entre otros: diseño y preparación de placas bipolares y optimización de la composición de los MEAs de las PEMFC, optimización de los conjuntos ánodo/cátodo/electrolito de las SOFC.

En un segundo nivel de prioridad, se plantea avanzar en el desarrollo de las aplicaciones portátiles, incluyendo desarrollo de productos y proyectos de demostración de cierta escala.

Esta propuesta es consistente con el sentir recogido en la documentación producida por la Plataforma Europea (SRA, DS, IP), en la línea de que las aplicaciones portátiles son uno de los pilares de lo que se ha denominado “Early Markets” o primeros mercados que se vislumbran para las pilas de combustible hacia 2012. En ese sentido, conviene empezar a profundizar en ellas utilizando los primeros desarrollos existentes de stacks, principalmente PEMFC. Estas



actividades deberán continuar en el medio/largo plazo (al menos hasta 2014), si bien las bases deben establecerse en el corto plazo especificado.

Medio/Largo plazo (hasta 2020)

En el medio y largo plazo, los esfuerzos deben alinearse con la optimización de los procesos de fabricación, claves para la consecución de la necesaria reducción de costes de la tecnología, y que transcurrirán en paralelo con el desarrollo de plantas piloto de producción que se indica en el apartado “Desarrollo de Infraestructuras”.

En éste ámbito temporal, debe así mismo producirse el despegue de las aplicaciones domésticas fundamentalmente con tecnología SOFC, desplazadas en el tiempo con respecto a las aplicaciones portátiles por el desfase de madurez tecnológica existente entre ambas. Este despegue debe verse precedido por actividades preparatorias en el corto plazo, a medida que vayan desarrollándose las actividades de desarrollo y optimización de componentes, así como los procedimientos de manufactura y fabricación.

2.3. Proyectos de Infraestructura

Los avances en los proyectos de Desarrollo Tecnológico deben transcurrir parejos al desarrollo e implementación de grandes proyectos de desarrollo de instalaciones de producción para conseguir una óptima sinergia entre ambos ámbitos.

Paralelamente se plantea la necesidad del establecimiento de un Centro de Normalización y Ensayo de pilas de combustible, así como de una cierta infraestructura de rellenado de dispositivos de almacenamiento de hidrógeno para aplicaciones portátiles. Estos dos últimos aspectos constituyen en el fondo acciones transversales que podrían igualmente figurar. en el apartado correspondiente.

Corto Plazo (hasta 2010)

En el medio y largo plazo se espera que la tecnología nacional haya alcanzado un nivel de madurez tecnológica que permita a las empresas que realmente han apostado por la tecnología el implicarse en proyectos de mayor ambición y escala.



En particular, esta debe ser la fase en que los esfuerzos se concentren en la producción en planta piloto de pilas de combustible de todo tipo, a diferencia de la fase anterior, dominada por la producción manual, progresivamente asistida por procedimientos mecánicos. Esta situación debe redundar en una disponibilidad ya generalizada de prototipos de pilas de combustible de origen nacional que sirvan para el desarrollo de proyectos de demostración de cierta escala, y orientados a la preparación del mercado. La situación anterior no es incompatible, todo lo contrario, con la continuación con los trabajos de mejora y optimización de componentes.

Adicionalmente, puede darse ya la existencia de un cierto volumen de mercado para las pilas de combustible nacionales similar al existente hoy (2006) para unidades importadas, y utilizadas en proyectos de desarrollo de aplicaciones por parte de terceros.

Por otra parte, se propone el establecimiento de un Centro de Normalización y Ensayo de pilas de combustible que sirva entre otras cosas como certificador de las prestaciones y cumplimiento de requisitos de seguridad de los stacks de cara a su futura incipiente comercialización.

Medio/Largo plazo (hasta 2020)

Además de la continuación del desarrollo de proyectos de desarrollo de plantas piloto para la fabricación y ensamblaje de stacks PEMFC y SOFC de pila de combustible, se plantea el desarrollo de una infraestructura piloto de distribución y rellenado de sistemas de almacenamiento de H₂ para pequeñas aplicaciones (de alta y baja presión, para minibotellas e hidruros metálicos, respectivamente), posiblemente en paralelo al desarrollo de una red de hidrogeneras, incluyendo los mecanismos para la recarga de pequeños sistemas de almacenamiento como una funcionalidad añadida a la del repostaje de vehículos.

3. ACCIONES TRANSVERSALES

Corto Plazo (hasta 2010)

Una de las principales dificultades a las que se enfrentan las pilas de combustible en aplicaciones móviles en general es la del almacenamiento de combustible. Por ello se propone una Acción de desarrollo de sistemas de almacenamiento de hidrógeno para aplicaciones portátiles y de pequeña potencia. Desarrollo de tecnologías nacionales objetivo: aleaciones de hidruros metálicos, generadores de hidruros químicos, envases de alta presión, con especial hincapié en la investigación en materiales (Acción a coordinar con el SG de Almacenamiento y Distribución de H₂).



Por su parte, es necesario profundizar en el desarrollo de un reformador de Gas Natural específico eficiente y compacto para aplicaciones domésticas (Acción a coordinar con el SG de Producción de H₂ por vía convencional y nuclear).

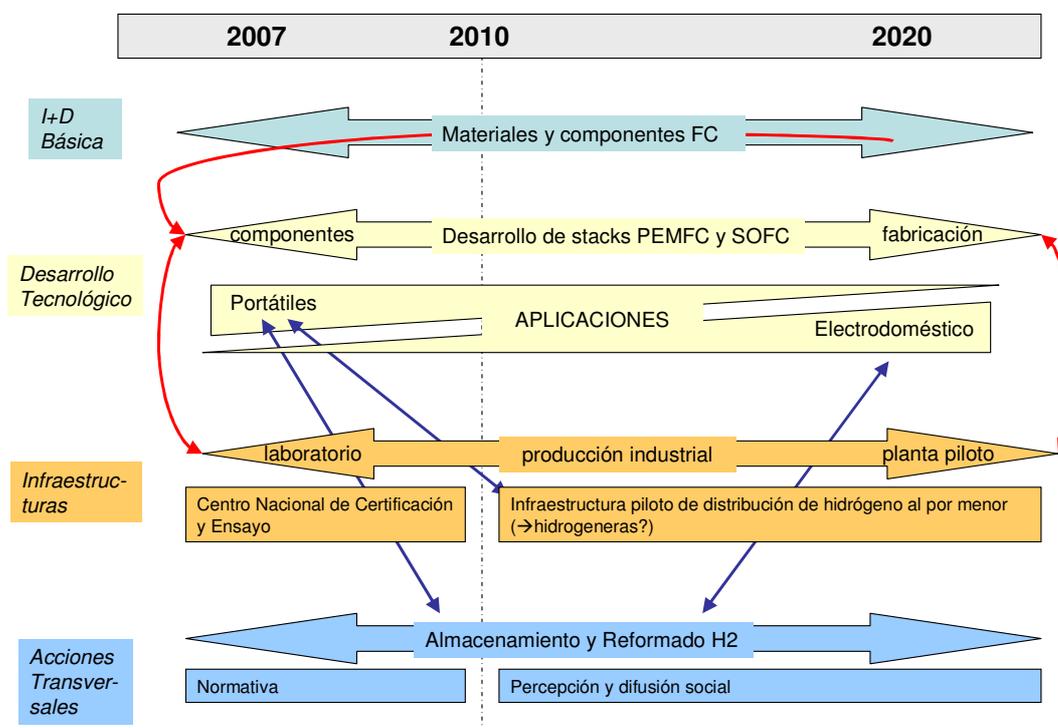
Adicionalmente es necesario el desarrollo de normativa específica para el uso o instalación de generadores portátiles y aplicaciones domésticas de las pilas de combustible.

Medio/Largo plazo (hasta 2020)

Continuación en las actividades de desarrollo de sistemas de almacenamiento de hidrógeno y reformado a pequeña escala, de un modo específicamente orientado hacia el producto final.

Ante la progresivo avance de las pilas de combustible en todo tipo de aplicaciones, será conveniente la realización de campañas de difusión de la tecnología tratando de mejorar la percepción social de las mismas, y en particular en lo relativo a la seguridad en el uso del hidrógeno.

Las Acciones propuestas se recogen en el siguiente diagrama, en el que se indican las principales interacciones entre ellas:





4. ESTIMACIÓN DE PRESUPUESTOS DE AYUDAS PÚBLICAS ESPECÍFICAS PARA APLICACIONES AL TRANSPORTE

Se ha realizado una estimación del coste de cada una de estas Acciones. En el documento “SG AP&PE GEP_formato propuesta de Acciones” se encuentra la estimación detallada para cada una de las 22 Acciones propuestas.

En la Tabla adjunta se resume la financiación total estimada para tales acciones, clasificada en corto y medio/largo plazo.

TOTALES PROPUESTOS	M€	M€/año
corto plazo	30	7,5
medio-largo plazo	80	8
coste total, M€	110	7,9

El desglose por bloques es como sigue:

DESGLOSE	CORTO	MEDIO/LARGO
Investigación básica	6	20
Desarrollo tecnológico	10	29
Infraestructuras	9,5	15
Acciones transversales	4,5	16
totales, M€	30	80

Las anteriores tablas se refieren a la cofinanciación **pública** para el desarrollo de las Acciones propuestas.

Las diferentes acciones, en función de su carácter (investigación básica, desarrollo tecnológico, etc), deberían ser cofinanciadas por los sectores público y privado en diferentes proporciones, con una mayor financiación pública en investigación básica y una mayor financiación privada en desarrollo tecnológico. Más aún, se podría establecer un criterio diferente para cada tipo de acción (p.ej. algunas de las acciones de Desarrollo Tecnológico propuestas están más cercanas al concepto de proyecto de demostración, y otras más cercanas a la investigación aplicada). Igualmente, algunas de las Acciones Transversales propuestas pueden tener diversos porcentajes de participación según su tipo.

Asumiendo un porcentaje global del 50% para cada parte (sector público y sector privado), cabría estimar por tanto una **financiación global de 220M€, a aportar conjuntamente y a partes iguales por el sector público y la industria para el desarrollo de este plan de Acciones.**