

**TURBINAS DE  
SIMETRÍA DINÁMICA**

**INFORME PARA INVERSORES**

**VERSIÓN 1.ES**

**10 DE ABRIL DE 2013**

## **ÍNDICE**

1.	RESUMEN EJECUTIVO .....	3
2.	BREVE HISTORIA DEL PROYECTO .....	5
3.	DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA .....	8
4.	ESTADO DE SITUACIÓN .....	10
5.	VISIÓN ESTRATÉGICA .....	11
5.1.	GENERALIDADES .....	11
5.2.	ENTORNO DE MERCADO Y PROSPECTIVA.....	12
5.3.	OPORTUNIDADES.....	16
5.4.	INVESTIGACIÓN .....	18
5.5.	RIESGOS .....	20
6.	PLAN DE NEGOCIO .....	22
6.1.	MODELO.....	22
6.2.	FASE DE ARRANQUE .....	22
6.3.	FASE DE CONTINUACIÓN .....	25
6.4.	RESUMEN.....	26
7.	PROMOTOR.....	27

## **ANEXOS**

ANEXO 1: ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN TECNOLÓGICA

ANEXO 2: SOLICITUD DE PATENTE

ANEXO 3: INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

Este documento pretende proporcionar información relevante para evaluar las posibilidades de inversión en un nuevo proyecto empresarial de base tecnológica. El objetivo del proyecto es explotar industrialmente una novedosa estrategia de diseño aplicable a las turbinas de gas denominada simetría dinámica y con potencial para ofrecer un salto cualitativo en las prestaciones de este tipo de máquinas. A pesar de ser conceptualmente sencilla, se trata de una técnica cuya aplicación genera arquitecturas con geometrías atípicas que se alejan notablemente del paradigma convencional de diseño y fabricación de turbinas de gas por lo que su comprensión y aceptación podría no resultar inmediata. La estrategia de la simetría dinámica está orientada al diseño de turbinas de gas en su sentido más amplio no estando restringida a un campo específico de aplicación. Esta nueva filosofía de diseño tiene consecuencias directas en aspectos físicos como la temperatura de trabajo de los materiales, la recuperación de calor, la distribución de tensiones estructurales o el peso. Sin embargo ello no significa que se pueda vincular un determinado incremento de rendimiento o una determinada reducción de peso al mero hecho de aplicar el criterio de simetría dinámica. La cuantificación de esas ventajas dependerá por completo del proceso de desarrollo del producto concreto. Por ese motivo, la fase de arranque del proyecto tendrá como objetivo la generación de uno o más diseños que permitan demostrar el grado de mejora real alcanzable mediante un trabajo de ingeniería de calidad. El éxito de esta fase será el que determine el valor y la aceptación de esta tecnología en el mercado objetivo.

Las turbinas de gas son máquinas que convierten la energía térmica de un combustible en energía mecánica. Se emplean en la generación de energía eléctrica y como motor para accionamiento de industrias o vehículos de todo tipo. Las previsiones de demanda energética y las favorables expectativas en la mejora técnica de las turbinas auguran un futuro prometedor para esta tecnología en las próximas décadas. Un mercado incipiente y con alto potencial de crecimiento es el de las turbinas de gas de muy pequeña potencia o microturbinas. Ya sea generando energía eléctrica distribuida o propulsando vehículos de pequeño tamaño, las características de este mercado y de las propias microturbinas lo convierten en un blanco preferente para probar la innovación pues es esperable que gracias a ella puedan funcionar en condiciones más extremas aumentando su rendimiento y beneficiarse de otras mejoras. El modelo de negocio elegido tendrá como actividad principal la comercialización de licencias de explotación de esta tecnología, actualmente pendiente de patente, y convertirse en referente de I+D sobre la misma. La inversión inicial que se describe en este informe es la necesaria para ejecutar la fase de arranque cuya misión es demostrar mediante investigación las ventajas alcanzables al aplicar el criterio de simetría dinámica. Habiendo identificado el mercado de las microturbinas de gas como prioritario, y con el objetivo de minimizar el riesgo económico, se opta por planificar una investigación inicial consistente en el diseño de una microturbina de gas técnicamente viable a corto plazo y comercialmente disruptiva. Si hay éxito en la fase de arranque se acometerá posteriormente una fase de continuación en la que se adoptará una infraestructura más definitiva para la actividad empresarial.

Independientemente de cómo se etiqueten los distintos aspectos del proyecto, la única información indudablemente objetiva es la propia descripción de la tecnología y el hecho de que existe un expediente de patente internacional que progresa bien. Unas expectativas de evolución del mercado o una proyección financiera en la explotación de la propia innovación no dejarían de ser opiniones, estimaciones o extrapolaciones de validez y precisión cuestionables y sujetas a interpretación. Por ello la información aportada en el documento no está enfocada a establecer especulaciones sino que está orientada esencialmente a formar una percepción clara de la utilidad de la nueva tecnología. Este informe va dirigido a personas y a entidades privadas o públicas interesadas en invertir en proyectos de base tecnológica potencialmente relevantes para los mercados de producción de energía, propulsión y defensa. Las hipótesis consideradas no son en absoluto inamovibles y el modelo de negocio propuesto no constituye la única fórmula admisible para canalizar la explotación de esta tecnología. Es solo una alternativa a valorar, pero que no excluye otras opciones de inversión o colaboración. Para evaluar este informe es conveniente tener conocimientos básicos sobre la ingeniería y la industria de las turbinas de gas. Desde un punto de vista científico-tecnológico no se requiere un grado de conocimiento erudito de termodinámica, fluidodinámica, química, metalurgia o resistencia estructural para comprender el fondo de la innovación pues afecta exclusivamente a la geometría de los rotores sin condicionar materiales o procesos de manufactura.

**Advertencia:** Se ha comprobado que la simple visión de una turbina de simetría dinámica por primera vez puede provocar un efecto rechazo inmediato que condiciona cualquier juicio posterior. Al contrario de lo que sucede con aquellos que tienen preparación relacionada con la planificación estratégica, el personal técnico no suele estar prevenido de la gran influencia de ciertos defectos cognitivos en los procesos de toma de decisiones. Ello puede conducir a que la preferencia del inversor por ideas que rompan con lo establecido colisione con el prejuicio del técnico que asocia irracionalmente una idea que rompe con lo establecido a una mala idea. A lo largo del documento se proporcionan recursos para intentar prevenir este problema.

## 2. BREVE HISTORIA DEL PROYECTO

Conseguir motores más eficientes, más pequeños y más ligeros son objetivos permanentemente perseguidos por la ingeniería. Existe un gran interés por progresar en el desarrollo de las turbinas de gas como tecnología de conversión de energía que es impulsado tanto por la industria privada como por diversas iniciativas del sector público. La investigación de materiales que soporten mejor las condiciones extremas presentes en las turbinas de gas, variaciones en los sistemas de refrigeración o la exploración de ciclos termodinámicos complejos están permitiendo la mejora paulatina en las prestaciones de estas máquinas. Sin embargo, a pesar de los grandes esfuerzos y recursos invertidos en I+D, estas mejoras se van produciendo muy lentamente y mediante pequeños pasos. Aún hoy, el coste tecnológico de fabricar una turbina de gas y los rendimientos energéticos alcanzados impiden que los clásicos motores de explosión sean definitivamente desplazados como sistema de conversión de energía térmica en energía mecánica. Ello se manifiesta más claramente al hablar de motores de pequeña potencia. Tradicionalmente la configuración básica de los motores de turbina de gas ha tenido tres bloques funcionales claramente separados: compresor, combustor y turbina. La turbina es la encargada de suministrar la potencia necesaria para accionar el compresor y, en su caso, entregar la potencia útil al eje del motor. Este hecho implica que el compresor debe estar dimensionado para soportar la potencia de compresión y, del mismo modo, la turbina debe estar dimensionada para soportar la suma de la potencia de compresión más la potencia útil en su caso. Además debe existir algún sistema de transmisión que transmita la potencia de compresión desde la turbina al compresor y, obviamente, deberá estar dimensionado para soportar dicha potencia.

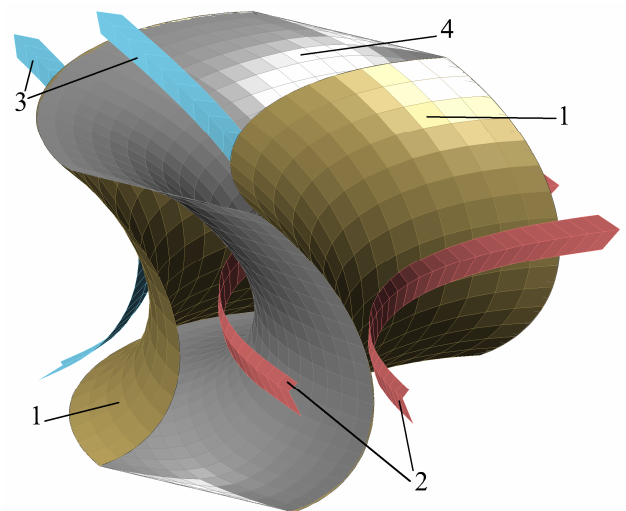
Mirando en perspectiva amplia el entorno tecnológico de las turbinas de gas se obtiene la impresión de que las sucesivas innovaciones que se han venido produciendo en los últimos tiempos en este campo de la técnica denotan una gran dificultad para salirse del camino marcado por las fórmulas clásicas. Se mantiene la arquitectura modular básica de compresor, combustor y turbina; se mantienen los mismos conceptos de siempre en la geometría de los álabes y en los esquemas de refrigeración; y, finalmente, solo se están consiguiendo arañar incrementos en las prestaciones muy poco a poco a un alto coste económico. Todas estas circunstancias me llevaron a pensar que, sin un avance sustantivo en la tecnología de los materiales, la única vía de lograr un salto cualitativo en las características ventajosas de los motores de turbina de gas pasaría por cambiar radicalmente el paradigma clásico con el que se diseñan las arquitecturas de estas máquinas. Una vez aceptada esa premisa se hacía imprescindible cuestionar la idoneidad de algunas reglas:

- La configuración de la máquina no tiene por qué ser modular con el compresor, el combustor y la turbina separados.
- Las trayectorias del fluido no necesitan ser bidimensionales o casi bidimensionales. El fluido puede describir trayectorias tridimensionales pues lo realmente importante son las condiciones termodinámicas al inicio y al final de dichas trayectorias.

- Las superficies por las que transcurre el fluido no necesitan ser aproximadamente desarrollables ni responder a perfiles bidimensionales extrudidos. Una geometría tridimensional con alabeo irregular también puede conducir correctamente al fluido si está adecuadamente diseñada.

Todos los motores de combustión interna presentan unas características funcionales comunes. Los motores aspiran aire de la atmósfera, lo comprimen, tras haberlo comprimido le añaden energía térmica y, finalmente, lo expansionan extrayendo energía mecánica. La energía entregada por el motor, energía útil, siempre es menor que la energía que se extrae en la fase de expansión del ciclo termodinámico. Ello es debido a que la fase de expansión debe suministrar, no solo la energía útil, sino también la energía necesaria para la fase de compresión. Además, para una misma energía útil, la energía de compresión será mayor cuanto mayor sea la tasa de compresión del motor. En una turbina de gas, esta realidad implica que la turbina debe estar dimensionada para soportar los esfuerzos correspondientes a la suma de la potencia útil y la potencia de compresión, que el compresor debe estar dimensionado para soportar los esfuerzos de la potencia de compresión, y también deberá existir un elemento de transmisión entre la turbina y el compresor dimensionado para soportar los esfuerzos de la potencia de compresión. Surge entonces la pregunta: **¿sería posible diseñar una turbina de gas cuya mecánica tenga que soportar únicamente la potencia útil?**

Comenzó así un largo proceso de evaluación mental de ocurrencias ingeniosas que concluyó con la concepción de una nueva arquitectura para los rotores la cual, a primera vista, mostraba tanto aspectos positivos como negativos. Esencialmente consistía en que los canales de compresión y expansión quedaban embebidos en un mismo elemento rotor mediante una combinación de láminas alabeadas con doble curvatura. Como aspectos positivos destacaban el hecho de que todo el material del rotor en contacto con el flujo de gases calientes procedentes del combustor estaba también en contacto con el flujo de aire fresco a comprimir, es decir, refrigerado; la configuración era equiparable a un intercambiador de calor giratorio permitiendo plantear su utilización como recuperador de calor; desde un punto de vista estructural, el rotor solo tenía que ser capaz de soportar los esfuerzos correspondientes a la potencia útil pues los esfuerzos correspondientes a la compresión se compensaban entre los canales de compresión y los de expansión, lo que se traduce en un ahorro de peso al que se une la inexistencia de un sistema de transmisión de potencia entre la turbina y el compresor; y desde un punto de vista constructivo todo el rotor se podía fabricar esencialmente a partir de dos tipos de elementos. El aspecto negativo era algo totalmente subjetivo, pero de un impacto psicológico importante al originarse por la impresión de que se trataba de una solución tremendamente extravagante con



todas las connotaciones desfavorables y dudas sobre la viabilidad de la idea que ello conlleva. Esa primera impresión negativa se corresponde con un prejuicio de rechazo a lo desconocido según el cual las ideas extrañas o alejadas de lo que es familiar provocan rechazo. No es el único defecto cognitivo habitual a considerar, también puede influir decisivamente, y en sentido opuesto, la percepción selectiva según la cual los deseos y ambiciones del individuo provocan la sobrevaloración de aquellos factores que refuerzan positivamente sus intereses y la subestimación de aquellos otros que se oponen a los mismos. El mecanismo para evitar estas desviaciones es relativamente simple y consiste en abstraerse de las apariencias subjetivas para ver las cosas tal y como son libre de predisposiciones. Los resultados objetivos del análisis de esta nueva arquitectura fueron los siguientes:

- El rotor posee canales de compresión delimitados por superficies aerodinámicas, es decir, existe un compresor operativo.
- El rotor posee canales de expansión delimitados por superficies aerodinámicas, es decir, existe una turbina operativa.
- La configuración ofrece multitud de grados de libertad para que en el proceso de diseño se puedan adecuar curvaturas, orientaciones, bordes de ataque y salida, secciones de paso, áreas de intercambio de calor, etc.
- El material del rotor está simultáneamente en contacto con el flujo de aire que se comprime y con el flujo de gases calientes que salen del combustor por lo que se encontrará a una temperatura intermedia.
- No hay un elemento compresor dimensionado para soportar la potencia de compresión, no hay un elemento turbina dimensionado para soportar la potencia de expansión, no hay un eje de transmisión dimensionado para soportar la potencia de compresión. En vez de ello existe un elemento rotor dimensionado para soportar únicamente la diferencia entre la potencia de expansión y la de compresión, es decir, la potencia útil.
- La arquitectura es susceptible de ser empleada como recuperador de calor.
- Los fenómenos físicos que gobiernan su funcionamiento son exactamente los mismos que en una turbina de gas convencional.

Tras el análisis pude concluir que la innovación era físicamente viable y existían expectativas razonables de obtener diversas ventajas interesantes respecto a los diseños convencionales, aunque sería necesario aplicarla en procesos reales de desarrollo de producto para poder medirlas. Después de efectuar una búsqueda de posibles antecedentes, el 30 de marzo de 2012 deposité una solicitud de patente internacional en la Oficina Española de Patentes y Marcas. El 16 de octubre de 2012 recibí el Informe de Búsqueda Internacional de la Administración Encargada de la Búsqueda Internacional con resultado completamente favorable. Había llegado el momento de intentar la aplicación industrial de la nueva tecnología.

### 3. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Para la comprensión de la tecnología de las turbinas de simetría dinámica se puede recurrir preferentemente a la lectura del artículo de divulgación tecnológica que se encuentra en el Anexo 1 a este documento o accesible en Internet a través del sitio Web oficial en la URL:

<http://www.dsturbines.info>.

Por la experiencia acumulada en la interlocución con diferentes expertos se llama la atención sobre la conveniencia de leer el apartado denominado “Advertencia por prejuicio de rechazo a lo desconocido”. Alternativamente puede recurrirse a la consulta de la solicitud de patente que se encuentra en el Anexo 2 a este documento o accesible en Internet a través del sitio Web de la Oficina Internacional de Patentes en la URL:

<http://patentscope.wipo.int/search/en/WO2012098277>.

Una vez entendida la nueva filosofía de diseño se realizan las siguientes observaciones al respecto:

Al tratarse de una innovación que afecta al diseño de la geometría de los rotores su evaluación y manejo no requiere conocimientos ni herramientas diferentes a los necesarios para trabajar con turbinas de gas convencionales. De hecho, para su comprensión bastará tener claros los principios de funcionamiento de las mismas no siendo imprescindible ser un erudito. Debido a las especiales características geométricas de las turbinas de simetría dinámica no es posible hablar de álabes propiamente como elemento constructivo. Sí se puede hablar de los conceptos de superficie de presión (activa), superficie de succión (pasiva), canal de compresión y canal de expansión.

Aparte de circuitos de refrigeración más o menos complejos, los álabes de algunas turbinas convencionales también emplean un sistema de orificios que inyectan aire a presión desde el interior para formar una película de gas protectora que recubre la superficie del álabe protegiéndola del calor y la reactividad química de los gases procedentes de la combustión. En las turbinas de simetría dinámica la refrigeración se consigue de una forma natural al circular el aire que se va a comprimir por una de las caras de las láminas que componen el rotor. Puesto que el par aerodinámico correspondiente al flujo de gas que se expande es necesariamente mayor que el del flujo de gas que se comprime, es fácil deducir que la presión media sobre la cara caliente es mayor que sobre la cara fría en las láminas de simetría dinámica. Siendo ello así, aparentemente la simetría dinámica no permitiría, sin más, la implantación del mecanismo de protección mediante película gaseosa. Aunque al plantear ese problema también es inmediato deducir que cuando una corriente de fluido se mueve a cierta velocidad respecto a la superficie sobre la que circula no es difícil manipular la geometría de dicha superficie para provocar dinámicamente depresiones o sobrepresiones locales según interese. Es decir, sí es factible la generación de una película protectora de aire sobre la cara caliente de las láminas diseñando adecuadamente la aerodinámica de los orificios por los que se inyectaría ese aire desde la cara fría a la caliente. Esta técnica será difícilmente aplicable justo en la zona de los bordes



de ataque de los canales de expansión. En cualquier caso, la simetría dinámica es compatible con el uso de otros sistemas y otras técnicas de diseño actuales.

Puesto que los fenómenos físicos involucrados en el funcionamiento de una turbina de simetría dinámica son los mismos que en una turbina de gas convencional, resultaría repetitivo y poco práctico adjuntar la misma formulación teórica que podría encontrarse en cualquier estudio detallado sobre cálculo termodinámico de turbinas de gas. Lo cierto es que el ciclo termodinámico en la simetría dinámica, cuando se desea utilizar la recuperación de calor, no es fácilmente equiparable a otros ciclos termodinámicos existentes. El intercambio de calor se produce dentro de los canales de compresión y expansión, no antes o después, y eso implica condiciones termodinámicas puntuales inciertas hasta la definición final de la geometría y los parámetros de operación. Por supuesto, es perfectamente factible establecer hipótesis para modelizar esa transferencia de calor en casos particulares y obtener fórmulas estimativas útiles como punto de partida. De todos modos, un diseño preliminar resultante de fórmulas teóricas debería ser evaluado y optimizado mediante simulación antes de materializarlo en un prototipo. Al diseñar una aplicación real no hay que olvidar la posible conveniencia de, según el caso, minimizar o maximizar el efecto de transferencia de calor en el rotor, o de combinar la turbina de simetría dinámica con enfriadores intermedios en la compresión, cuando hay varias etapas, o con un recuperador convencional con la localización típica entre la salida del compresor y la salida de la turbina, o con un ciclo de vapor, o integrarla en cualquiera de las soluciones estándar existentes.

## 4. ESTADO DE SITUACIÓN

A la fecha de elaboración de este informe:

El 30/03/2012 se solicitó la patente internacional número PCTES2012000078 con el título “TURBINAS DE SIMETRÍA DINÁMICA” y publicada posteriormente con el número WO2012098277. El 16/10/2012 se recibe el Informe de Búsqueda Internacional y la Opinión Escrita de la Administración Encargada de La Búsqueda Internacional con resultado favorable, lo que significa que no se han encontrado antecedentes que entren en conflicto con la solicitud. La Opinión Escrita manifiesta que la invención reivindicada cumple los requisitos de novedad, actividad inventiva y aplicación industrial; asimismo recomienda que las características opcionales expresadas en la única reivindicación original se separen en reivindicaciones dependientes. El Informe de Búsqueda Internacional de la Administración Encargada de La Búsqueda Internacional se puede consultar en el Anexo 3 a este documento. Tras contratar los servicios de un agente de patentes, el 15/01/2013 se remite a la Oficina Internacional de Patentes la modificación de las reivindicaciones de acuerdo a las recomendaciones de la Opinión Escrita de la Administración Encargada de La Búsqueda Internacional. Todos los documentos publicados por la Oficina Internacional de Patentes relacionados con el expediente de esta solicitud están accesibles en Internet a través de su sitio Web en la URL:

<http://patentscope.wipo.int/search/en/WO2012098277>.

El 30/03/2013 expira el año de plazo para solicitar patente con prioridad fuera del convenio PCT. El 30/09/2014 expira el plazo de 30 meses para entrar en la fase nacional del convenio PCT.

La tecnología aún no ha sido ensayada en un demostrador tecnológico ni ha sido aplicada al diseño de un demostrador tecnológico.

Las actividades relativas a esta tecnología se están canalizando a través de una persona física, no una empresa. No se han solicitado marcas ni otros signos distintivos. Se ha contratado el dominio de Internet dsturbines.info como instrumento provisional de divulgación, pero el término “dsturbines” no está destinado a ser o formar parte de un signo distintivo.

## 5. VISIÓN ESTRATÉGICA

### 5.1. GENERALIDADES

A pesar de la lógica incertidumbre asociada a proyectos que requieren investigación y que dependen de situaciones futuras, la naturaleza de la tecnología base de este proyecto hace fácil saber para qué es útil e intuir cuáles pueden ser las necesidades de inversión para desarrollarla y los posibles caminos para rentabilizarla. Si bien, en el estado de situación actual, una proyección de beneficios o una previsión probabilística serían meras especulaciones, a ningún entendido se le escapa que las turbinas de gas son un producto que existe desde hace mucho tiempo en un mercado global bien asentado, en un entorno competitivo conocido y con necesidades claras. Y desde luego, la actividad de I+D que envuelve a este proyecto no es en absoluto extraña a la industria de las turbinas de gas cuyo negocio se mueve siempre en un contexto de alta tecnología e innovación constante. No sería descabellado afirmar que el proyecto rompe con lo establecido, tanto por la propia solución técnica como por haber nacido de una investigación independiente. Pero, sin intentar desmerecer el valor de la imagen, el mercado objetivo no es el de la moda o el arte, no se alimenta de apariencias o impresiones subjetivas sino que se nutre de hechos. Más allá de connotaciones y prejuicios, lograr una aplicación industrial del criterio de simetría dinámica que resultara en una mejora remarcable del rendimiento o del peso o de simplificación constructiva significaría un éxito tanto técnico como publicitario, no ya por ese caso concreto sino por el efecto psicológico de poder asociar la innovación a la idea de ventaja medible en vez de a la idea de incertidumbre. La tecnología de la simetría dinámica no puede venderse directamente como una filosofía de diseño que proporciona un incremento X en el rendimiento o una reducción X en el peso. La percepción del valor y de la utilidad de esta innovación dependerá de los resultados que se obtengan durante su aplicación. Un trabajo negligente con esta o con cualquier otra innovación, por maravillosa que pueda parecer, estropearía la imagen y las esperanzas depositadas perjudicando seriamente sus opciones de futuro. Por ello será fundamental que los primeros trabajos de I+D que se realicen con ella sean de la máxima calidad para que demuestren hasta dónde se puede llegar si se dispone de los medios adecuados.

Como cualquier otro proyecto de investigación, este también tiene un valor inicial, precisamente el valor potencial que deseen asignarle aquellos que, tras el análisis de las expectativas, decidan que los riesgos de invertir en su investigación son aceptables. Siendo el punto de partida el actual, es decir, una patente, las fórmulas de obtener ingresos son esencialmente tres: vender la patente, conceder licencias de explotación a terceros, o fabricar y comercializar turbinas de gas desde cero con esta tecnología. La industria de las turbinas de gas es una industria de alta tecnología ya sea en el segmento de la ingeniería y el diseño, en el de los materiales, en el de los sistemas de control o en el de la manufactura. Aunque se demostraran las ventajas de las turbinas de simetría dinámica, la pretensión de montar desde cero una de estas industrias, no siendo absolutamente imposible, podría no tener sentido económico cuando ya existen varias entidades que compiten en el mercado con marca consolidada, amplia experiencia técnica e infraestructura de producción y comercialización bien organizada. Puesto que para explotar esta innovación, inevitablemente alguien tiene que asumir

el riesgo inicial de I+D, tanto la opción de vender la patente directamente tal cual está, como la de demostrar sus ventajas y conceder posteriormente licencias, son igualmente viables. Todo depende de cómo se apueste por ella. Si finalmente se opta por la fabricación, la opción más lógica sería una alianza estratégica con una compañía ya establecida capaz de enfrentarse en buenas condiciones a las altas exigencias de ingeniería, manufactura y homologación.

Estando razonablemente claro cómo rentabilizar la tecnología de las turbinas de simetría dinámica, se expone a continuación información sobre tendencias, panorama competitivo, fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades que pueda ser útil para reducir algo la incertidumbre en la tarea, mucho más compleja y subjetiva, de cuantificar su valor potencial a medio y largo plazo.

## 5.2. ENTORNO DE MERCADO Y PROSPECTIVA

El gasto económico en la producción de energía es una preocupación creciente en todo el mundo. Un constante aumento de la demanda, la paulatina disminución de reservas naturales de combustibles, las restricciones medioambientales a las emisiones de contaminantes y gases efecto invernadero, las reticencias al empleo de la energía nuclear y otros problemas de índole geopolítica que afectan a la seguridad de los suministros contribuyen a esa preocupación. Las energías renovables son un valor seguro, pero su desarrollo sigue siendo caro y su disponibilidad es discontinua tanto en el tiempo como en la geografía. Las previsiones apuntan a que en las próximas décadas los combustibles seguirán siendo las principales fuentes de energía, entre un 62% y un 75% en 2035 según la prospectiva de la Agencia Internacional de la Energía (IEA). El alto grado de desarrollo alcanzado hasta la fecha en la tecnología de las turbinas de gas y de vapor y el alto potencial de mejora que aún tiene invitan a pensar que en el futuro próximo será una tecnología preferencial para la conversión de energía a partir de combustibles. En cuanto al campo de la propulsión, las expectativas son igualmente favorables. La capacidad de producir altas potencias ocupando espacios reducidos, la facilidad para quemar diversos combustibles, la demostrada idoneidad para el transporte aéreo y los avances en propulsión híbrida la convierten en una opción prometedora. También es necesario mencionar el creciente interés en disponer de turbinas de gas de media y pequeña potencia con mejores prestaciones que las actuales para afianzar su implantación en sectores como la producción distribuida de energía o el accionamiento de plataformas móviles y vehículos pequeños. Ese interés es extensible a las denominadas ultra-micro-turbinas, turbinas de gas de muy pequeño tamaño aún en fase experimental y de las que se espera puedan ser empleadas como unidades de generación de energía portátiles, para satisfacer las necesidades energéticas de residencias independientes, accionamiento de pequeños artefactos militares, etc.

Este optimismo se desprende de diversos manifiestos de agrupaciones sectoriales, de presentaciones de importantes programas de I+D financiados con fondos públicos y de los últimos informes anuales publicados por los principales actores de esta industria como General Electric, Siemens, Mitsubishi Heavy Industries, Rolls-Royce o de Capstone Turbine en el segmento de las microturbinas. Aunque no está de más matizarlo con informaciones que posibilitan inferir algunos indicadores de la necesidad que en la coyuntura actual existe por encontrar innovaciones notorias en

las tecnologías de conversión y, en particular, en las turbinas de gas. Cabe citar la encuesta publicada por Diesel & Gas Turbine Worldwide sobre pedidos de grandes motores alternativos, turbinas de gas y de vapor. Aunque la representatividad de los datos se ve afectada porque no se reflejan todos los sectores ni todos los fabricantes, sí es significativa la tendencia a la baja en los últimos años de los pedidos de turbinas de gas frente a la tendencia al alza de los pedidos de motores alternativos. Otra reveladora estadística publicada por la IEA muestra la tendencia entre 1973 y 2005 en la influencia de las mejoras en eficiencia energética y la compara con la tendencia en el propio consumo de energía. Los países analizados eran: Australia, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Italia, Japón, Noruega, Suecia, Reino Unido y Estados Unidos. Según dicha estadística, sin las mejoras en eficiencia energéticas conseguidas entre 1973 y 2005 el consumo energético habría sido un 58% mayor. Pero esta estadística arroja otro interesante resultado. Mientras que en el periodo 1973-1990 la tasa media de crecimiento en eficiencia energética era del 2% anual, durante el periodo 1990-2005 esta tasa se redujo hasta el 0,8% anual. Al mismo tiempo, mientras que durante el periodo 1973-1990 la tasa media de crecimiento en el consumo de energía era del 0,5% anual, durante el periodo 1990-2005 esta tasa aumentó hasta el 0,9% anual. Aparentemente las estrategias de ahorro y los avances tecnológicos manifiestan un desgaste en la capacidad de producir nuevas mejoras significativas, mientras que la demanda energética aumenta de manera acelerada.

Una de las grandes apuestas para el ahorro de energía a día de hoy es la cogeneración o CHP de sus siglas en inglés (Combined Heat and Power). La estrategia de generar energía eléctrica y aprovechar simultáneamente el calor residual del generador para satisfacer necesidades de calefacción constituye una fórmula racional para explotar las fuentes de energía con una altísima eficiencia. Para impulsar esta estrategia es ideal la generación de energía eléctrica distribuida acercando la fuente de calor residual a sus potenciales consumidores. Aparte del ahorro, la cogeneración mediante energía eléctrica distribuida conduce a una infraestructura de distribución energética más robusta lo que constituye un motivo más para que desde las instituciones se promueva decididamente su difusión invirtiendo en I+D y regulando los mercados involucrados. Según la Oficina de Eficiencia Energética y Energías Renovables del Departamento de Energía de EEUU la capacidad CHP instalada en EEUU en 2006 era de 85 GW mientras que se estima que en 2030 será de 241 GW. Según el Sistema de Información de Tecnologías Energéticas Estratégicas de la Comisión Europea la capacidad CHP instalada en la UE-27 en 2011 era de 95 GW mientras que se estima que para 2030 puede llegar hasta 235 GW en las condiciones adecuadas. Y como indican los programas de I+D y de fomento en el uso de CHP tanto de la Unión Europea como de Estados Unidos, las turbinas y micro-turbinas de gas ocupan un lugar destacado como tecnologías clave y de largo recorrido para la estrategia CHP.

Aparte de identificar los potenciales mercados objetivo para la explotación de las turbinas de simetría dinámica, igualmente trascendente es poder decidir dónde se debe proteger la innovación. Aun conociendo los resultados de investigaciones que permitieran comprobar de forma razonablemente precisa las ventajas de la nueva tecnología, la elección de una lista de países en los que solicitar patente continuaría teniendo un alto grado de subjetividad. Obviando el hecho de que lo

ideal sería siempre obtener la exclusividad a nivel mundial, si se observan las pautas de protección de las grandes compañías que innovan en este campo tecnológico se comprueba que no es práctica habitual solicitar patente en decenas y decenas de países persiguiendo la universalidad de la protección. La lista de países donde se suele patentar es relativamente restringida y la extensión de esa lista naturalmente dependerá del valor que se estima para la innovación. Aunque en la planificación de protección de intangibles probablemente se emplee alguna fórmula determinística que, a partir de parámetros macroeconómicos como producto interior bruto, población, producción industrial, índice de libertad económica, consumo de energía, presupuesto de defensa u otros, permita calcular para cada nación un indicador de prioridad, hay que admitir la existencia de una influyente circunstancia más psicológica que matemática. Las turbinas de gas son productos que demandan alta tecnología, una gran especialización, fuertes inversiones en infraestructura industrial e I+D y un esfuerzo de ingeniería considerable hasta conseguir un diseño apto para lanzar al mercado. Así, la estrategia de patentar solo en los principales territorios nacionales y no en todos tiene sentido pues ello constituye un factor sensiblemente disuasorio para un tercero que tenga la pretensión de explotar la innovación en un mercado no protegido de manera aislada, toda vez que se vería obligado a competir en condiciones claramente desventajosas con aquellas compañías que también tienen acceso a los mercados protegidos, que además son los más importantes.

En una búsqueda no exhaustiva realizada sobre la base de datos de patentes de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO) se comprueba que entre la lista de países preferidos por los fabricantes de turbinas de gas están sobre todo los del G7, China, Corea del Sur, Australia, Rusia y otros países europeos. Más objetivo es el resultado de una estadística proporcionada por la WIPO en la que se consulta el número total de patentes concedidas por cada oficina entre los años 2005 y 2011 referidas al grupo tecnológico de motores, bombas y turbinas. La tabla está ordenada descendientemente por el número de patentes y contempla tanto países como datos agregados para continentes y regiones:

OFICINA	TOTAL
World	138025
Asia	64393
Europe	38981
Japan	38642
North America	30931
United States of America	27999
European Patent Office	15115
China	14489
Republic of Korea	11115
Russian Federation	7394
Germany	6180
France	3882
Canada	2932
Oceania	1662
United Kingdom	1581
Australia	1300
Spain	608
Latin America and the Caribbean	493
Brazil	479

Sweden	456
Poland	410
Ukraine	403
Soviet Union	396
Austria	390
Norway	387
New Zealand	362
Africa	314
Netherlands	288
Eurasian Patent Organization	231
South Africa	199
Czech Republic	193
Romania	191
Switzerland	179
Greece	148
Finland	142
Georgia	79
Slovakia	71
Malaysia	67
Denmark	57
Slovenia	56
Croatia	50
Bulgaria	38
Morocco	38
Portugal	38
Hungary	36
Lithuania	32
African Regional Intellectual Property Organization	28
Egypt	28
African Intellectual Property Organization	21
Cuba	9
Luxembourg	9
Estonia	7
Iceland	6
Nicaragua	4
Latvia	3
Patent Office of the Cooperation Council for the Arab States of the Gulf	3
Republic of Moldova	2
Chile	1
Italy	1
Serbia and Montenegro (formerly Yugoslavia)	1
Tajikistan	1

Aunque la lectura de ciertos indicadores de países como Arabia Saudita, Argentina, Irán o Pakistán, que están fuera del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT), podría invitar a considerarlos como territorios a proteger, lo cierto es que no figuran entre los destinos prioritarios en las solicitudes de patente. Finalmente la extensión de la protección de la innovación estará fuertemente condicionada por la mayor o menor utilidad que se demuestre para la misma durante su aplicación y no será invariable a lo largo del tiempo pudiendo ser abandonada en determinados territorios según evolucione el proyecto.

Algunas de las fuentes consultadas:

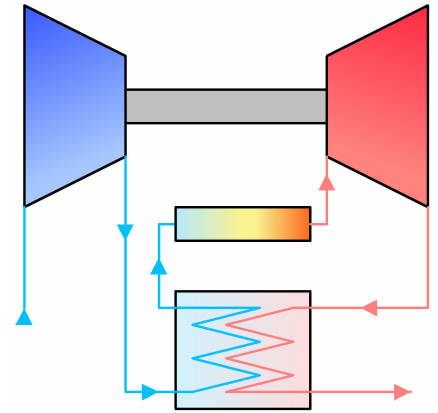
- International Energy Agency (<http://www.iea.org>)
- European Turbine Network (<http://www.etn-gasturbine.eu>)
- General Electric, annual report (<http://www.ge.com/annualreport>)
- Siemens, annual report (<http://siemens.com/annual-report>)
- Mitsubishi Heavy Industries, annual report (<http://www.mhi.co.jp/en/finance>)
- Rolls-Royce, annual report (<http://www.rollsroyce.com/investors>)
- Capstone Turbine, annual report (<http://www.capstoneturbine.com/investor>)
- Diesel & Gas Turbine Worldwide (<http://www.dieselgasturbine.com>)
- World Alliance for Decentralized Energy (<http://www.localpower.org>)
- U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Industrial Distributed Energy (<http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/distributedenergy>)
- Advanced Microturbine System: Market Assessment ([http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/distributedenergy/pdfs/microturbine\\_market\\_assess.pdf](http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/distributedenergy/pdfs/microturbine_market_assess.pdf))
- European Commission, Strategic Energy Technologies, Cogeneration of heat and power (<http://setis.ec.europa.eu/technologies/Cogeneration-of-heat>)
- COGEN Europe (<http://www.cogeneurope.eu>)
- California Energy Commission, California Distributed Energy Resources Guide (<http://www.energy.ca.gov/distgen>)
- OECD Patent Statistics Manual-2009, ISBN: 9789264056442 (<http://www.oecd-ilibrary.org/content/book/9789264056442-en>)
- World Intellectual Property Organization Statistics (<http://www.wipo.int/ipstats>)
- The Heritage Foundation, Index of economic freedom (<http://www.heritage.org/index/>)

### 5.3. OPORTUNIDADES

El criterio de simetría dinámica es una filosofía de diseño aplicable a las turbinas de gas en su sentido más amplio. Condicionantes como la potencia, el número de etapas, el tipo de combustible o el destino de la máquina no limitan su uso. Una construcción simple que ofrece un buen sistema de refrigeración, una capacidad para soportar mayores solicitaciones estructurales gracias a la compensación de los esfuerzos de compresión, y la posibilidad de funcionar como un intercambiador de calor son factores que juegan a su favor. Sin embargo, es una tecnología nueva en una fase muy temprana de desarrollo. La incertidumbre y la lógica necesidad de acotar el riesgo aconsejan avanzar con cautela y empezar despacio. Las grandes turbinas de gas son técnicamente muy sofisticadas, en general ya disponen de sistemas de refrigeración y tienen varias etapas de compresión y expansión lo cual complica su diseño. La alta inversión necesaria y el tiempo de espera para obtener resultados de la I+D desaconsejan enfrentarse a ese desafío en la fase de arranque siendo mejor postergarlo a una fase más avanzada. Existe ya un nicho de mercado en la



industria cuyas características lo convierten en blanco ideal para probar esta innovación. Se trata del mercado de las microturbinas de gas, máquinas de entre 25 y 500 kW de potencia que alcanzan rendimientos del 30% (regenerativas) y son empleadas mayormente en la generación de energía eléctrica distribuida y accionamiento de industrias desconectadas de la red principal. Como se observa en la figura, lo normal es que estén constituidas por: compresor, combustor, turbina y recuperador de calor. Teniendo en cuenta que es un mercado creciente relativamente nuevo, que las máquinas operan en ubicaciones estáticas, que para ese rango de potencias se suelen emplear rotores simples de una o muy pocas etapas de compresión y expansión sin sistema de refrigeración, y que existe una demanda de mejora, se puede considerar una excelente opción para empezar pues se trata de aplicaciones relativamente poco exigentes en infraestructura de desarrollo y, seguramente, haya buena receptividad a innovaciones drásticas. Los desarrollos que se lleven a cabo para el mercado de las microturbinas de gas son igualmente válidos para el de generadores auxiliares o APU cuyas exigencias, desde un punto de vista técnico, son virtualmente idénticas. A medio plazo estos diseños servirán de base para los desarrollos destinados a satisfacer un mercado con alto potencial de crecimiento, el de motores para accionamiento de vehículos y plataformas móviles de pequeña potencia.

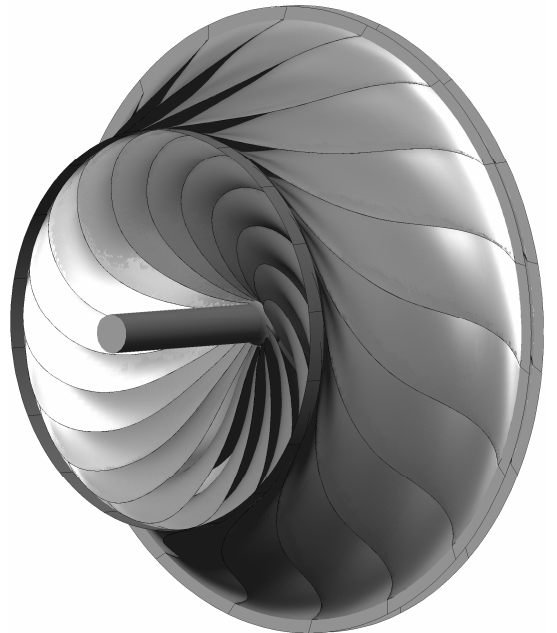


Pero el espectro de oportunidades ofrecido por la tecnología de las turbinas de simetría dinámica no debe ser analizado únicamente desde la perspectiva técnica del producto. Desde una perspectiva estratégica, el control sobre el activo intangible representado por la patente puede suponer una ventaja competitiva muy relevante. Esta innovación en fase de desarrollo es en sí misma una oportunidad de invertir en I+D para cualquier compañía interesada en mejorar la ocupación de aquellos recursos de ingeniería que, por la actual coyuntura económica u otras circunstancias, estén infrautilizados o simplemente desaprovechados en proyectos de investigación con bajas expectativas de rentabilidad. Asimismo, asumiendo el esfuerzo de I+D de la fase de arranque, es una excelente oportunidad para iniciar en condiciones favorables una nueva línea de negocio basada en una novedosa tecnología que permite producir bienes industriales claramente diferenciados de la competencia. Para aquellas entidades que operan en la industria de las turbinas de gas, con potencial de crecimiento, pero que por motivos históricos van al arrastre del poderío tecnológico de las compañías que han dominado el mercado tradicionalmente, puede suponer una oportunidad muy atractiva de posicionarse frente a los mismos con una innovación absolutamente independiente de ellos. La aplicación exitosa del criterio de simetría dinámica al diseño y fabricación de microturbinas y ultra-microturbinas de gas de altas prestaciones podría convertirla en una tecnología crítica a corto y medio plazo para el mercado de la defensa en países con políticas de desarrollo ambiciosas en el terreno de la robótica militar.

## 5.4. INVESTIGACIÓN

Tras haber identificado el mercado de las microturbinas de gas como objetivo prioritario, las primeras investigaciones deberán estar encaminadas al diseño optimizado de un demostrador tecnológico que sea industrialmente viable a corto plazo y comercialmente disruptivo. Esto se traduce inmediatamente en una necesidad de lograr simplicidad técnica y prestaciones claramente ventajosas respecto a las alternativas presentes en el mercado. Buscando un conjunto de requisitos que se pueda considerar medio entre la actual oferta de este tipo de máquinas se concluye que una microturbina de 100 kW con ciclo recuperativo es una opción adecuada para un primer proyecto. Según aparece expuesto en la sección de “Investigaciones en curso” del artículo de divulgación tecnológica, se podría optar por diseñar un esquema en el que no hubiera intercambiador de calor externo pues ya se comercializan esos sistemas y su simplicidad es máxima. Tal vez sea demasiado pretencioso, pero sería un hito lograr que un rotor de láminas de simetría dinámica sin recuperador de calor externo proporcionara una eficiencia mayor que una microturbina convencional en ciclo recuperativo. A pesar de ello, se ha preferido la opción del ciclo recuperativo por motivos tácticos ya que no implica una complicación extraordinaria y su materialización sería comercialmente más disruptiva que la del ciclo simple.

La simetría dinámica proporcionará la posibilidad de alcanzar condiciones de funcionamiento más extremas y el rotor probablemente tendrá una menor inercia facilitando su arranque. El hecho de que ya esté prevista la utilización de un intercambiador de calor externo entre la salida de los canales de compresión y la salida de los canales de expansión, por tratarse de un ciclo recuperativo, no implica que haya que despreciar la posibilidad que ofrece el rotor de láminas de simetría dinámica de funcionar también como recuperador de calor y no solo como refrigerador. Una vez que los gases calientes alcanzan las condiciones de exhaustación, cualquier intercambio de calor permite extraer algo de energía mecánica. Sin embargo, cuando ese intercambio se produce en una fase intermedia de la compresión, como sucede aquí, tiene como consecuencia un aumento de la potencia necesaria y de la temperatura de compresión para llegar a una misma presión final, algo no deseable a priori. Pero también hay que tener en cuenta que el rotor de láminas de simetría dinámica incorpora refrigeración y, además, la potencia de compresión no tiene la misma repercusión estructural que en uno convencional gracias a la compensación parcial de presiones entre los canales de compresión y expansión. Siempre habrá que tener en mente el objetivo de maximizar la tasa de compresión y, aprovechando que existe intercambio de calor, buscar la mínima temperatura de exhaustación. Aunque el resultado depende de todo el sistema, para reducir el coste de la primera fase de investigación se pueden establecer una serie de hipótesis simplificadoras que no desvirtúen los



cálculos significativamente y limitan considerablemente el número de elementos a evaluar. El elemento más difícil de diseñar es el rotor y solo él se ve directamente afectado por el criterio de simetría dinámica. Dicho esto, la primera fase de investigación tendrá como fin diseñar un rotor de láminas de simetría dinámica optimizado integrado en un ciclo recuperativo capaz de entregar una potencia de 100 kW al eje. Es un objetivo bien definido, de resultados medibles y alcanzables en un periodo de tiempo limitado. Esta primera fase tiene una trascendencia crucial. El diseño realizado por profesionales expertos y con herramientas de ingeniería de productividad y fiabilidad contrastadas en la industria indicará con una precisión aceptable la búsqueda cuantificación de las ventajas de esta tecnología. Dicho de otro modo, es la inversión mínima imprescindible para llegar a disponer de datos objetivos que permitan tomar la decisión de seguir adelante o de abandonar. Así, por ejemplo, si el resultado fuera favorable habría llegado el momento de elegir entre continuar con el diseño completo y fabricación del demostrador tecnológico, o bien publicar los resultados oficialmente y ofrecer licencias a fabricantes, etc.

Debe quedar claro que el resultado de esta primera investigación es el diseño de un rotor, es decir, unas especificaciones detalladas que definen la geometría, composición y parámetros de funcionamiento óptimos de una parte concreta de un sistema más complejo que es la microturbina. La distancia que hay entre tener el diseño de un rotor y tener el diseño de una microturbina que se pueda comercializar entre usuarios finales no es nada despreciable. En primer lugar habría que integrar el rotor en el resto del sistema, lo que requiere un importante esfuerzo de ingeniería. En segundo lugar habría que pasar un proceso de homologación de cuyas pruebas podría desprenderse la necesidad de efectuar modificaciones en el diseño original o limitar sus prestaciones. Ello sin mencionar el coste de industrializar la producción. La utilidad del diseño optimizado del rotor radica en que permite al fabricante iniciar su proceso de ingeniería y producción desde una posición muy avanzada disminuyendo considerablemente tanto el coste como la incertidumbre de dicho proceso.

El término optimizar abarca diversas acepciones que hacen referencia a diferentes propiedades técnicas pudiendo tener cada una de ellas un valor o importancia condicionados por las circunstancias. Se puede optimizar en rendimiento, en peso, en tamaño, en fiabilidad, en velocidad angular, en facilidad de arranque, en sencillez constructiva, en economía de fabricación, etc. Cuando llegue el momento de realizar esta investigación será necesario aclarar cuál es la optimización deseada pues la búsqueda de una podría obstaculizar el alcance de otra. Considerando que la máquina a diseñar se encuentra en una ubicación estática y que el objetivo esencial de la misma es la producción de energía eléctrica resulta fácil deducir que optimizar en eficiencia es la mejor opción, aunque para ello se sacrifique el peso o el tamaño.

Condicionado al éxito de esta primera fase, se podría plantear la conveniencia de incrementar la dotación de I+D antes de salir al mercado para llevar a cabo una segunda fase. El objetivo de esta segunda fase sería un diseño más ambicioso con un esquema algo más complejo. Como ya se ha mencionado, un esquema con un único rotor de láminas de simetría dinámica augura ventajas gracias a la refrigeración y a la compensación de esfuerzos, pero será más difícil extraer ventajas destacables del efecto recuperador de calor del propio rotor. Sin embargo, si se acepta la participación en el esquema de un segundo rotor de láminas de simetría dinámica las circunstancias

cambian. Este nuevo rotor podría estar expresamente dedicado a la recuperación de energía residual adquiriendo aquí gran importancia la transferencia de calor. Esta segunda fase de investigación tendría como meta lograr un importante hito, ofrecer un esquema de funcionamiento alternativo al ciclo combinado con vapor, pero esta vez sin la necesidad de emplear agua, evaporadores o condensadores, y todo ello aplicado a un generador de pequeña potencia.

## 5.5. RIESGOS

El riesgo más obvio e inmediato es el de fracaso. Ya se han indicado anteriormente los argumentos objetivos que justifican la viabilidad de la filosofía de la simetría dinámica para diseñar turbinas de gas y que justifican las expectativas. Pero sin la fase de I+D que permita obtener uno o más diseños con prestaciones manifiestamente mejoradas no se podrá vincular a esta tecnología una cuantificación aproximada de las mejoras alcanzables. Esta fase de investigación podría conducir a un resultado demasiado pobre como para que el cambio de paradigma en el diseño y la fabricación se considere atractivo. Además, nunca hay que descartar de manera absoluta la posibilidad de un fracaso catastrófico originado por una causa imprevista. También son previsibles otras posibles dificultades durante la fase de investigación. La baja sobrevenida de un miembro importante del equipo, la elección de un camino inicial que conduzca a un resultado de calidad insuficiente, el malfuncionamiento de alguna de las herramientas empleadas, o simplemente un error son eventos perjudiciales que provocarán retrasos, costes adicionales y desmoralización. Una buena planificación y gestión de proyectos y disponer de planes de contingencia son las armas con las que minimizar estos riesgos y mitigar sus consecuencias.

El sabotaje institucional es un concepto que englobaría a un conjunto de prácticas, algunas legales y otras ilegales, encaminadas a obstaculizar cualquier trámite o proceso en el que intervenga algún tipo de administración pública. Una denegación de crédito o subvención, un retraso en la concesión de un permiso o licencia, unas pruebas de certificación y homologación insuperables, un proceso judicial tormentoso, una campaña de difamación y descrédito, revelación de información privilegiada, persecución selectiva, espionaje. Si finalmente la tecnología de las turbinas de simetría dinámica no sirve para nada entonces no habrá que preocuparse por estos riesgos. Pero si por el contrario, la evolución del proyecto demuestra que se trata de una tecnología capaz de producir cierto impacto en el panorama competitivo de la industria objetivo entonces deberá ser considerado un riesgo real. El cabildeo, los amiguismos o la simple corrupción podrían estar detrás de las trabas para que una innovación disruptiva acceda a un determinado mercado en condiciones de competición equitativas con actores poderosos ya establecidos.

En la industria de las turbinas de gas, donde se aplican procesos de manufactura altamente sofisticados, construir un rotor de láminas de simetría dinámica no es un desafío tecnológico. Sin embargo, las arquitecturas derivadas del criterio de simetría dinámica se alejan mucho de lo convencional por lo que existe el riesgo de encontrar en el mercado una resistencia al cambio de paradigma por motivos puramente psicológicos. La mejor forma de minimizar ese riesgo es

demostrar mediante investigación ventajas notables y objetivas respecto a las soluciones existentes y buscar una alianza estratégica en la industria que facilite la materialización y distribución del producto final.

Hasta ahora el proceso de tramitación de la solicitud de patente, con su informe de búsqueda internacional completamente favorable, y el intercambio de opiniones con algunos expertos parecen confirmar que las turbinas de simetría dinámica son una innovación mundial. Pero ni siquiera la concesión de patente en todos los países donde se solicite es una garantía absoluta de que no pueda aparecer en el futuro un conflicto por el que se demuestre mediante fundamentos legítimos el incumplimiento de los requisitos de patentabilidad que hoy parecen estar claros. Aparte de esa posibilidad, nunca descartable, existe el riesgo de sufrir algún tipo de contingencia legal relacionada con la defensa de los derechos de patente. El intento de impugnar una patente o de menoscabarla tergiversando sus reivindicaciones por parte de un competidor es una de esas contingencias. Las estadísticas facilitadas por las oficinas de patentes indican que son conflictos poco habituales, pero advierten de que están asociados a patentes de alto valor científico y económico. Podría llegar a surgir una situación de piratería o alguna forma de violación de la patente, pero por la configuración del mercado y por las características manifiestamente diferenciables de la innovación parece un riesgo poco probable. Para combatir estos riesgos es necesario estar bien informado, tomar precauciones y disponer de recursos suficientes para embarcarse en batallas legales.

La aparición de tecnologías nuevas capaces de desplazar total o parcialmente a otras en uso es un riesgo inevitable. La tecnología, por su propia naturaleza, está condenada a quedarse obsoleta. El campo técnico de la generación de energía es uno de los más activos en términos de I+D. Aun así, por la información disponible, en el contexto industrial actual se considera a las turbinas de gas como una tecnología con un futuro halagüeño. Ello no quiere decir que, en el hipotético caso de que este proyecto tenga éxito, no pueda emerger otra tecnología que desbanque completamente a las turbinas de simetría dinámica. Siendo un riesgo incontrolable, tener una buena política de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva es lo que permitirá anticiparse a las consecuencias.

## 6. PLAN DE NEGOCIO

### 6.1. MODELO

El proyecto empresarial tendrá como actividad económica principal la comercialización de licencias de explotación de la tecnología de las turbinas de simetría dinámica y servicios de ingeniería relacionados. Las licencias pueden hacer referencia tanto a la explotación directa de la patente como a la explotación de diseños elaborados en la empresa. A corto plazo la empresa tendrá la configuración de una oficina, es una infraestructura sencilla, poco problemática desde el punto de vista de seguridad y riesgos laborales, y fácilmente desmontable. A medio plazo se podría incorporar a la infraestructura un laboratorio para fabricación de prototipos y ensayos físicos. La estructura orgánica esencial de la empresa sería como sigue:

- Dirección: Se encargará de la planificación estratégica, administración fiscal-contable, recursos humanos, relaciones institucionales, política de I+D, inteligencia competitiva, jurídico, imagen corporativa...
- Servicios generales: Se encargará de garantizar la disponibilidad de los recursos de trabajo mediante el mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones.
- Ingeniería y producción: Se encargará de investigar y desarrollar la tecnología así como de dar soporte técnico avanzado a los clientes. En general la producción de esta unidad serán activos intangibles como documentación técnica, software y diseños industriales u otros servicios de ingeniería que demanden los clientes. A medio plazo se podrían comercializar componentes para turbinas de gas y servicios de ensayo en laboratorio.
- Comercialización y compras: Se encargará de las relaciones con intermediarios y clientes así como con proveedores.

El planteamiento a corto plazo se estructura en dos fases. La fase de arranque, caracterizada por la provisionalidad, comprende las tareas e inversiones mínimas imprescindibles para poder decidir si se continúa con el proyecto. La fase de continuación implica dotar a la empresa de una infraestructura más estable y el comienzo de la actividad comercial. Teniendo en cuenta la actividad pretendida y que el mercado objetivo es de alcance claramente internacional, la ubicación geográfica de la empresa es un factor circunstancial de poca criticidad.

### 6.2. FASE DE ARRANQUE

Tendrá como objetivo establecer los medios necesarios para que se lleve a cabo la investigación inicial, ya comentada anteriormente, que permita poner de manifiesto las ventajas de las turbinas de simetría dinámica y viabilizar su posterior introducción en el mercado. La fase de arranque es, virtualmente, el inicio de la actividad normal de la empresa. Aunque se ha denominado investigación, por la incertidumbre de su resultado, lo cierto es que esta investigación inicial correspondiente a la fase de arranque es perfectamente equiparable al trabajo de ingeniería que habría que realizar con la empresa en funcionamiento normal para obtener un diseño licenciable que

comercializar. Sin embargo, tras el hipotético éxito de la investigación inicial, análogos trabajos de ingeniería futuros ya no se denominarían investigación a pesar de estar igualmente sometidos a la posibilidad de fracaso. La fase de arranque es la que va a determinar la inversión mínima inicial para este proyecto empresarial de base tecnológica. La infraestructura requerida para esta fase será similar a la de la empresa en su concepción definitiva, pero a una escala muy reducida adaptada exclusivamente a las necesidades de la fase de arranque con el fin de minimizar el riesgo económico. En la hipótesis pesimista, pero verosímil, de que no se pueda contar con la valiosa participación de un aliado industrial o de una consultora que aporte la función de ingeniería especializada, las tareas a ejecutar serán:

- Investigación consistente en el diseño optimizado del rotor de láminas de simetría dinámica correspondiente a una microturbina de gas en ciclo recuperativo con una potencia al eje de 100 kW.
- Contratación de personal investigador para realizar la tarea de investigación.
- Elección y adquisición, o alquiler, de las herramientas de software adecuadas para la tarea de investigación.
- Elección y adquisición, o alquiler, del equipamiento informático adecuado para ejecutar la investigación.
- Arrendamiento de un local habilitado como oficina en el que poder realizar la investigación y las tareas administrativas propias de la actividad.
- Gestiones para la entrada en la fase nacional del PCT en aquellos países donde se desee obtener protección de la patente.
- Gestión del conocimiento y elaboración de manuales de trabajo.
- Administración general.

Obviamente este listado de tareas no es una planificación detallada ni definitiva de la fase de arranque. En particular podría resultar sumamente interesante localizar un proveedor de servicios de ingeniería con la capacidad suficiente para realizar la investigación evitando así la contratación directa de personal, de los medios técnicos, o incluso del local. También es probable que la investigación finalice antes de la fecha límite para la entrada en la fase nacional. Conseguirlo es importante ante la posibilidad de que la investigación sea infructuosa y se decida no continuar con el proyecto, es decir, no entrar en la fase nacional del PCT ahorrando los correspondientes costes.

Las valoraciones de conceptos de coste están basadas en hipótesis prudentes y plausibles, pero son tentativas y todas pueden cambiar por conocimientos o circunstancias sobrevenidas o por conveniencia de los socios participantes en el proyecto. Estas son las hipótesis consideradas:

- No se tienen en cuenta ayudas públicas, apoyos al emprendimiento, descuentos ni ningún otro tipo de ventajas.
- La empresa se ubica en la comunidad de Madrid (España). Su localización es provisional y no necesita estar habilitada para funciones de representación ni recepción de visitas.



- Los precios han sido consultados o estimados en el primer semestre de 2013 con proveedores locales y se expresan sin IVA.
- El promotor del proyecto realiza funciones de control, gestión del conocimiento y apoyo técnico puntual con dedicación a tiempo parcial.
- Los investigadores son titulados superiores con experiencia y la relación laboral es de duración determinada prorrogable en función de las necesidades.
- No se contemplan gastos de desplazamiento ni dietas de ningún tipo para el personal.
- El software de cálculo es de la marca ANSYS (licencia académica).
- Un gestor administrativo se encargará de los trámites de constitución, plan de riesgos laborales, contratación de personal, etc.
- Un agente de patentes se encargará de la tramitación de la patente.
- Por prudencia se prevé la entrada en la fase nacional del PCT para: Estados Unidos, Canadá, Japón, Patente Europea (Alemania, Francia, Reino Unido, Italia, Austria, España, Suiza, Suecia, Noruega, Bélgica, Finlandia, Grecia, Irlanda, Países Bajos, Polonia, Portugal, Turquía), Brasil, Rusia, India, China, Australia, Corea del Sur, Sudáfrica, Ucrania, México.
- Se asume un periodo de 3 meses desde la plena disponibilidad de recursos hasta que la empresa tiene una infraestructura operativa.
- Se asume que la investigación requiere 6 meses.

Lista de conceptos de coste relativa al establecimiento de la empresa y de los medios para realizar la investigación inicial. Para cada ítem se indica el número de unidades (U), la descripción del concepto, el precio unitario en euros (€), el periodo de tiempo al que está referido el precio en meses (m), el primer mes de imputación del coste (M1), el último mes de imputación del coste (M2). El periodo de tiempo se dejará vacío cuando se trate de un coste fijo imputable una sola vez, los meses de imputación están referidos al inicio de la fase de arranque:

U	CONCEPTO	€	m	M1	M2
1	Gastos fijos de gestoría	5000		1	1
1	Gastos variables de gestoría	100	1	1	9
1	Local 50 m <sup>2</sup>	600	1	2	9
1	Acondicionamiento de oficina	1000		2	2
1	Seguro	150	12	2	9
1	Servicios básicos de habilitación	200	1	2	9
1	Promotor	2500	1	1	9
2	Investigadores	5000	1	3	9
2	Licencias de software científico	27200	12	2	9
2	Ordenadores	3500		2	2
1	Otro equipamiento informático	2500		2	2
1	Provisión otros gastos	7000		1	1
1	Entrada en la fase nacional del PCT	60000		1	1



### 6.3.FASE DE CONTINUACIÓN

El éxito de la investigación correspondiente a la fase de arranque proporcionará un diseño comercializable y, lo que es más importante, una percepción de ventaja técnica y competitiva. Superada la incredulidad inicial, ha llegado el momento de ofrecer el diseño bajo licencia y comenzar una actividad generadora de ingresos para lo que se procederá también a reconfigurar la empresa dotándola de una infraestructura más definitiva que dé continuidad al proyecto. La ingeniería y la I+D serán parte de la actividad normal de la empresa. Aprovechando la seguridad lograda tras la investigación inicial se puede optar por desarrollar un demostrador tecnológico completamente operativo o comenzar una segunda fase de investigación que genere un segundo diseño más disruptivo aun. La dimensión de la empresa seguirá siendo reducida, pero suficiente para desempeñar todas las funciones orgánicas de su concepción definitiva. En cualquier caso, el éxito de la fase de arranque conducirá a una situación de menor incertidumbre que facilitará las posteriores decisiones necesarias para que el proyecto evolucione hasta un estado de actividad sostenible en el tiempo. Los objetivos concretos de la fase de continuación serán:

- Arrendar y habilitar de un local como oficina en el que poder realizar todas las actividades propias de la empresa incluida la comercial.
- Contratar personal para desempeñar las nuevas funciones.
- Contratar servicios de consultoría para intermediación y asesoría jurídica en el establecimiento de los acuerdos de concesión de licencia.
- Dar publicidad al diseño obtenido en la fase anterior y a sus prestaciones entre los clientes potenciales para poder formalizar acuerdos de licencia.
- Dar continuidad a la función de ingeniería heredada de la fase de arranque manteniendo o mejorando sus medios humanos y técnicos y su presupuesto de gastos variables.
- Definir una estrategia sólida de crecimiento para la empresa. Entre otras cosas, la estrategia debería contemplar la diversificación en la aplicación de los recursos humanos y técnicos que, por su naturaleza, pueden dedicarse a misiones que van mucho más allá de la ingeniería de las turbinas de gas abarcando otros campos del conocimiento.

Las hipótesis consideradas en la fase de continuación son:

- El promotor es el director ejecutivo.
- Se asume una duración de 24 meses para la fase de continuación.

Se prevé la siguiente lista de conceptos de coste relativa a la fase de continuación. Los meses de imputación están referidos al inicio de la fase de arranque:

U	CONCEPTO	€	m	M1	M2
1	Gastos variables de gestión	200	1	10	33
1	Local 100 m <sup>2</sup>	1000	1	10	33
1	Acondicionamiento de oficina	8000		10	10
1	Seguro	250	12	10	33

1	Servicios básicos de habilitación	400	1	10	33
1	Promotor	5000	1	10	33
2	Investigadores	5000	1	10	33
1	Asistente administración	3500	1	10	33
2	Licencias de software científico	27200	12	10	33
1	Otras herramientas informáticas	20000		10	10
1	Consumibles, servicios externos y otros gastos de actividad	2000	1	10	33
1	Provisión otros gastos	50000		10	10
1	Mantenimiento de patente	40000		10	10

## 6.4. RESUMEN

Ignorando posibles ingresos y computando un margen de desviación en el presupuesto global del 33% se establece el siguiente resumen de la inversión necesaria para poner en marcha el proyecto:

ETAPA	€
Fase de arranque	176850
Fase de continuación	717700
Gastos de patente	100000
Margen de desviación	330000
<b>TOTAL</b>	<b>1324550</b>

Se considera recomendable disponer de un fondo amplio de accesibilidad inmediata para contingencia legal.

## 7.PROMOTOR

Juan Andrés Hurtado Baeza es Ingeniero Superior Naval por la Universidad Politécnica de Madrid y Especialista Universitario en Servicios de Inteligencia por el Instituto General Gutiérrez Mellado. Ha trabajado como ingeniero de software en una multinacional de tecnologías de la información y sistemas de defensa, y como ingeniero naval en oficina técnica tanto por cuenta propia como por cuenta ajena. Es vocal del Comité de Tecnologías de Defensa del Instituto de Ingeniería de España.

Dirección postal:

Calle Margarita Nelken, 45 – 28850 – Torrejón de Ardoz, Madrid, España

Dirección electrónica:

[contac@dsturbines.info](mailto:contac@dsturbines.info)