



MOTORES

---

Carballido, Vinarejos, Mallorquín

# La quasiturbina

# Tabla de contenido

C A P Í T U L O 1		Una cámara de combustión de geometría superior	23
C A P Í T U L O 2		Rango de potencia más amplio que las turbinas convencionales	24
El rotor	4	Alta densidad de potencia	25
El bloque	5	Considerando la fricción	25
C A P Í T U L O 3		Más grande es mejor	25
C A P Í T U L O 4		Motor ideal para vehículos híbridos	26
Rápida transición entre los puntos muertos	1	Otras aplicaciones	26
Par continuo	11		
Círculos asimétricos	12		
No hay incremento excesivo del volumen en la cámara de expansión	14		
Alta relación de compresión	15		
Resistencia al goteo	16		
No hay vibraciones en el eje	17		
Rápida aceleración	17		
Construcción y fiabilidad	17		
Ahorro de energía	18		
Índice	5		
Nota del diagrama presión-volumen	20		
Medio ambiente	21		
Variedad de combustibles	21		
Integración eléctrica	22		
Alta tecnología	22		
No necesita aceite, compresores o Bombas	23		

---

## Introducción

*La quasiturbina es un motor revolucionario dentro de lo que conocemos actualmente y poco a poco se va abriendo paso en nuevos campos.*

Patente USA 6,164,263

Mejora todo lo conocido

Todo tipo de combustibles

Concepto sencillo

La quasiturbina es básicamente la idea de una familia que harta de ver la contaminación que producían los motores tradicionales se dispusieron a desarrollar un motor más limpio en 1993. Los inventores de la quasiturbina son Roxan Saint-Hilaire (24 años), que es ingeniero eléctrico por la Escuela Politécnica de Montreal, y que trabaja actualmente en un proyecto de circuitos de comunicación ultrarápidos en Ontario. Su hermano Ylian Saint-Hilaire (26 años), que es doctorado en informática por la Universidad del Québec en Montreal. Y el padre, Gilles Saint-Hilaire, que es físico termonuclear, y que básicamente es el inventor del concepto.

La quasiturbina de vibración cero (Patente USA 6,164,263) es una mezcla de tres conceptos modernos de motor: Se inspira en la turbina, perfecciona el motor de pistón y mejora el concepto Wankel. La quasiturbina mejora en su concepto 14 parametros de los motores a la vez. La quasiturbina es principalmente un motor de fluido continuo en la admisión y el escape. Un motor convencional de pistones completa 4 fases en 2 rotaciones del cigüeñal, la quasiturbina completa 32 fases en dos rotaciones de su eje.

Alto par desde bajas revoluciones, ninguna vibración, potencialmente libre de engrase, rápidas aceleraciones, 20 veces menos ruidoso, menos contaminante, alta densidad de potencia (factor 4) en volumen y peso.

Es un motor adaptable al funcionamiento hidráulico, neumático, con vapor (mediante energía solar), gasolina, diesel, keroseno, gas natural, puede usar fotodetonación y es compatible con el hidrogeno.

Puede funcionar en ciclo Otto, Diesel, como bomba de calor, en ciclo Stirling, Brayton, en el de implosión de gas Brown...

También puede funcionar como compresor, bomba o turbo-bomba sin ninguna valvula de control o obstaculo.

LA QUASITURBINA

Como veremos más adelante la quasiturbina es un motor de gran futuro, más que eso, podría decirse que es el motor del futuro, y así lo corroboran revistas especializadas en ingeniería a nivel mundial como European Automotive Design, Diesel Progress, PT Industrie, ... que la han aclamado como el motor con más posibilidades en el siglo XXI. La quasiturbina a recibido numerosos premios internacionales y ha sido nombrada en el protocolo de Kyoto como una solución a los problemas medioambientales producidos por el automóvil.



## Componentes de la quasiturbina

*La quasiturbina es un motor con pocos componentes y elementos móviles en comparación con otros motores. Esto hace que posea una gran fiabilidad y una fácil reparación.*

La quasiturbina solo tiene las piezas imprescindibles para el funcionamiento del motor

La quasiturbina esta formada básicamente por un bloque motor y un rotor. La quasiturbina no tiene en principio ningún elemento periférico como motor de arranque, bombas de agua y aceite, ... Al disponer de tan pocas piezas estas han de ser fabricadas por medio de sistemas de alta tecnología que permitan acabados y precisiones de primer orden y así no comprometer la fiabilidad, pero con las técnicas y materiales modernos, y su original diseño todas ellas son realizables. En la imagen inferior se puede observar el conjunto con un giro de 90°.

□

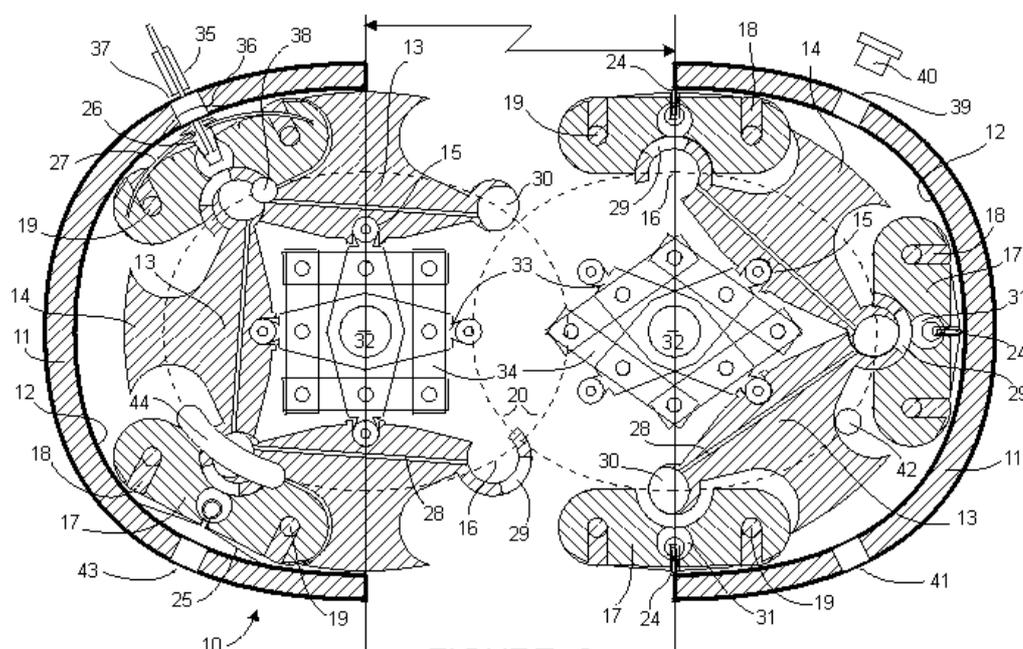
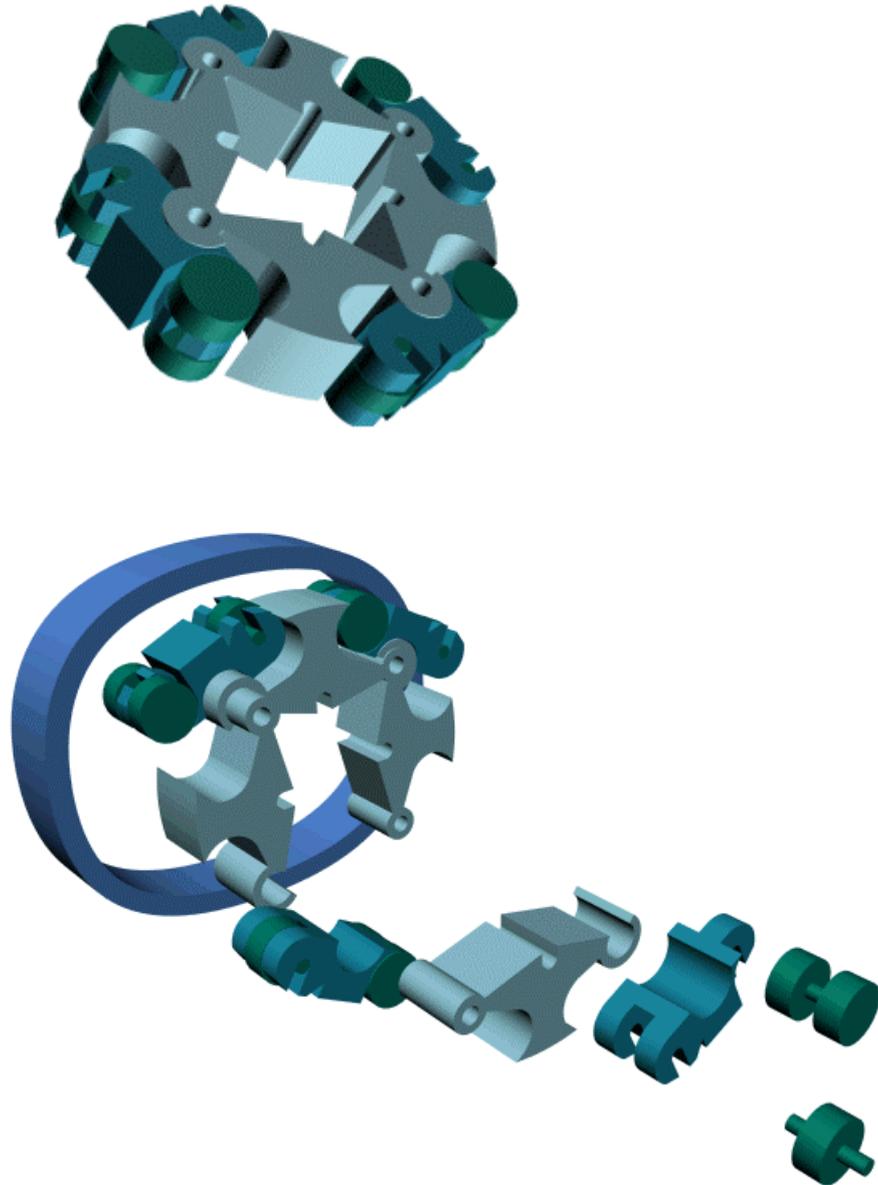


FIGURE 2

## El rotor

El rotor es la parte de la quasiturbina que más piezas contiene, sin embargo no son muchas en comparación con otros motores. Con las pocas piezas que contiene y su diseño se consigue el mínimo rozamiento, el máximo aislamiento entre cámaras y la máxima transmisión de fuerzas al eje. No obstante, el diseño se ha realizado mediante potentes ordenadores que tuvieron en cuenta millones de variables.



## LA QUASITURBINA

En la primera imagen se puede apreciar el conjunto del rotor completo y en la imagen inferior su despiece. Básicamente se trata de 4 piezas a las que denominaremos palas (14), que están unidas entre si por los extremos y en el centro unidas al eje por medio de rodamientos y un mecanismo de palancas (33 y 34). Las palas sujetan en sus uniones a los selladores de cámara (17) que se aprisionan contra las paredes del bloque. Estos a su vez disponen de dos rodamientos deslizantes (19 y 18), que no son iguales y que giran dentro de los selladores para reducir el rozamiento.

## El bloque

El bloque apenas tiene piezas pero su forma interior es extremadamente complicada de diseñar y fundamental para el buen funcionamiento del motor. A la hora de diseñar la quasiturbina fue sin duda la parte más difícil, ya que condiciona a todo lo demás.

El bloque de la quasiturbina es una complicada forma de curvas diseñada por superordenadores

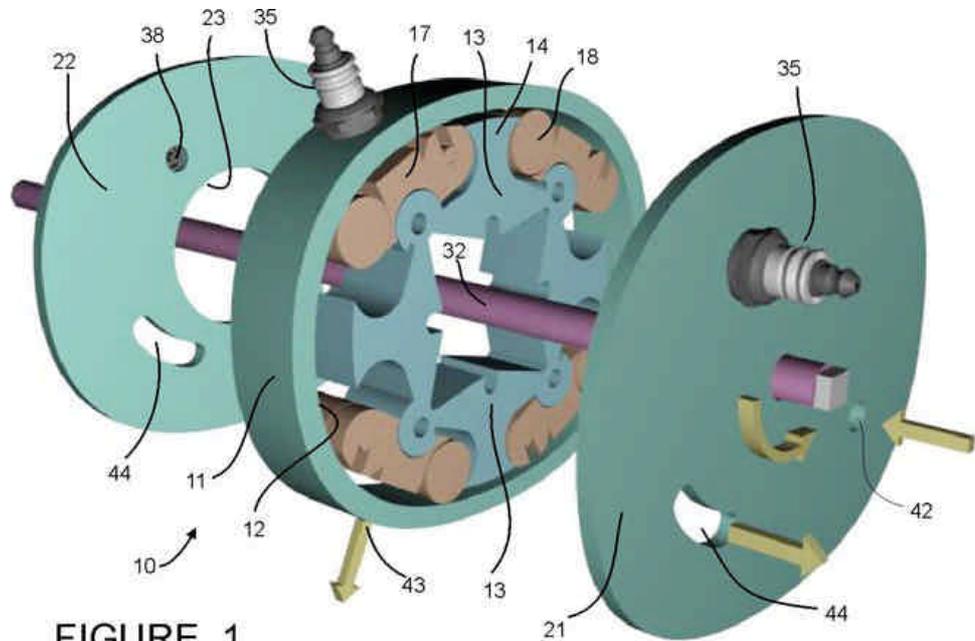


FIGURE 1

Básicamente esta formado por el bloque en si mismo (11) y su diseño interior o silueta (12) en el que pueden ir colocados los puertos de admisión (42) y escape (44), así como la bujía, inyector , ... (35). También dispone de dos tapas laterales que completan el bloque y en las que también pueden colocarse admisión, escape y la bujía, inyector, ...

## Funcionamiento de la quasiturbina

*La quasiturbina tiene un funcionamiento a medio camino entre un Wankel y una turbina, pero manteniendo los clásicos cuatro tiempos en la quasiturbina de gasolina.*

El funcionamiento de la quasiturbina, es una mezcla de la turbina, el Wankel y el motor de pistón.

La quasiturbina funciona de manera que se encuentra a medio camino de todos los motores conocidos. Básicamente se puede decir que se trata de un motor rotativo de combustión continua, ya que en un solo giro de su eje, en una quasiturbina de cuatro tiempos, realiza 16 fases, lo que implica 4 explosiones. Debido a este peculiar funcionamiento y a su diseño la quasiturbina no necesita válvulas de admisión y escape, con lo que ya no es necesario ningún órgano de distribución, simplemente necesita un puerto de escape y de admisión que está continuamente abierto. Tampoco necesita un control del encendido, la quasiturbina genera continuamente la chispa y no necesita un distribuidor de encendido.

El funcionamiento es muy simple, la mezcla entra continuamente a la cámara de admisión según se mueve en frente del puerto de admisión, los selladores se van abriendo poco a poco aspirando la mezcla al interior de la cámara y en el momento que ha llegado al punto máximo de apertura y la cámara se ha llenado ya no se encuentra enfrentada con el puerto de admisión. Después los selladores comienzan a cerrarse contra la pala para comprimir la mezcla, al final de esa compresión entran en contacto con la bujía y se produce la explosión. En ese momento vuelven a abrirse los selladores expandiéndose los gases en el interior de la cámara, cuando se ha llegado al punto de expansión máximo los selladores se cierran contra la pala de nuevo y la cámara se enfrenta al puerto de escape, comenzando a salir los gases hasta que se ha cerrado la cámara y vuelve a abrirse de nuevo, comenzando la admisión.

Aunque parezca un funcionamiento algo rudimentario y quizás poco eficaz no es así en absoluto. Quizá en comparación con los motores de pistones tradicionales pueda parecer que le faltan elementos necesarios para el correcto funcionamiento, pero no es así, la quasiturbina supera en muchos aspectos al motor tradicional, como ejemplo solo hay que tener en cuenta las cifras de potencia que desarrolla para dispositivos bien pequeños a bajas revoluciones. En la siguiente tabla se puede ver un ejemplo de

## LA QUASITURBINA

potencias desarrolladas a 1800 r.p.m. por quasiturbinas de diferentes tamaños para gasolina.

Potencia en el eje	Diámetro del rotor	Ancho del rotor
8.75	13cm	5cm
66.25	25cm	10cm
500	53cm	20cm
4125	1m	41cm
32500	2m	82cm

---

400cc

---

9 kilos

---

75 cv a 2000 r.p.m.

---

283mmx102mm

Otro ejemplo podría ser una quasiturbina de 400c.c., que tendría un estator de 15" de alto por 6.5" de ancho y un rotor de 11.14" de alto por 4" de ancho. El peso del motor sin el eje rondaría los 9 kilos. Tendría un máximo de 14000 r.p.m. como velocidad de trabajo, ya que a 15.000 r.p.m. alcanzaría la velocidad del sonido. Tendría una potencia en el eje de aproximadamente 75 cv a 2000 r.p.m. y consumiría 0,1792 c.c. por revolución de gasolina.

## Las cualidades de la quasiturbina

*La quasiturbina posee una serie de características que la hacen excepcional, y posiblemente el mejor concepto mecánico realizable que existe actualmente. La quasiturbina es portadora ya desde su concepto de unas cualidades que la hacen superior o igual a las mejores motores existentes.*

La potencia de una quasiturbina neumática es cuatro veces mayor que una de combustible fósil

**M**ientras que la mayoría de los motores rotativos usan el principio de la variación del volumen entre una curva y una cuerda en movimiento, este nuevo concepto de motor hace uso de un rotor con cuatro grados variables  $x$ ,  $y$ ,  $q$ ,  $\varphi$  atrapado dentro de el contorno interior del bloque, sin que requiera un eje o apoyo central. La quasiturbina es un concepto que mejora los motores tradicionales de dos formas: reduciendo el tiempo muerto, y mejorando la administración del tiempo de las diferentes fases del motor. La quasiturbina es el resultado de una investigación iniciada en 1993 con la intención de unificar las dos partes que tienen las turbinas en una sola que haga todo el proceso a la vez, eliminando de esta manera la turbina de compresión y la de producción de energía. Por ello, no debería sorprender que la quasiturbina mostrase características similares a las de la turbina convencional. Por el contrario, los motores que usan cigüeñal generan impulsos de presión sinusoidal durante el tiempo relativamente largo en el que esta en la parte mas alta, mientras decelera y cambia de dirección, y cuando esta fugazmente entre el p.m.s y el p.m.i, lo que es contrario a la lógica de una buena mecánica (Los impulsos de compresión deben ser tan cortos como sea posible, y los recorridos intermedios lo más largos posibles para una buena extracción de la energía mecánica). La quasiturbina es también revolucionaria debido a que crea impulsos de presión diferentes a los de las mecánicas con cigüeñal (De hecho, la asimetría de la quasiturbina permite entre otras cosas dedicar menos tiempo a las fases de compresión y escape, y más tiempo y volumen a las fases de admisión y expansión). Además, la quasiturbina reduce el tiempo muerto del motor a cero.

The Romance of Engines

Book published by SAE "Romance of the Engines" by Dr. Takashi Suzuki

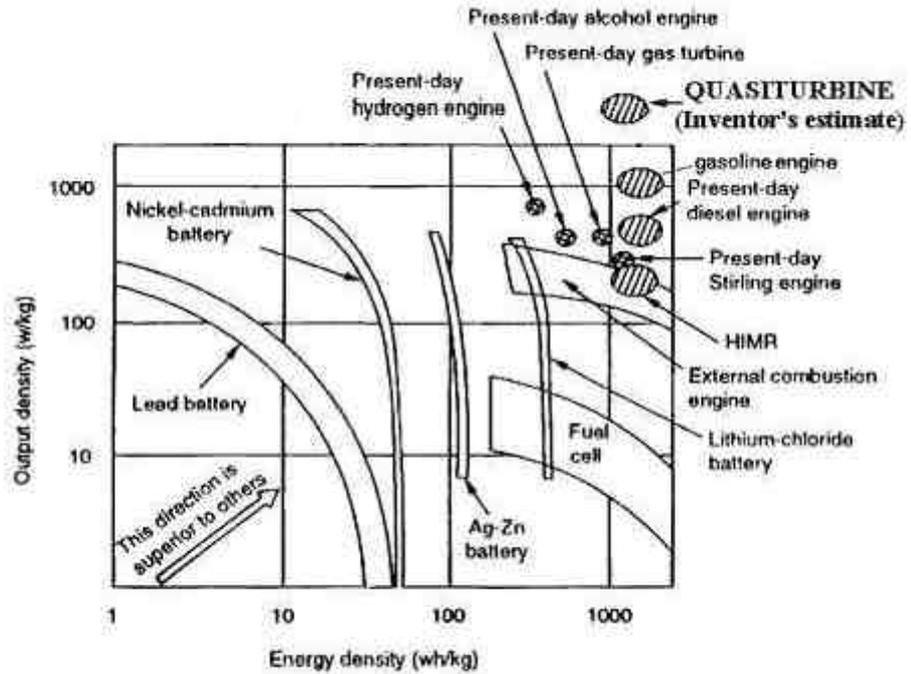
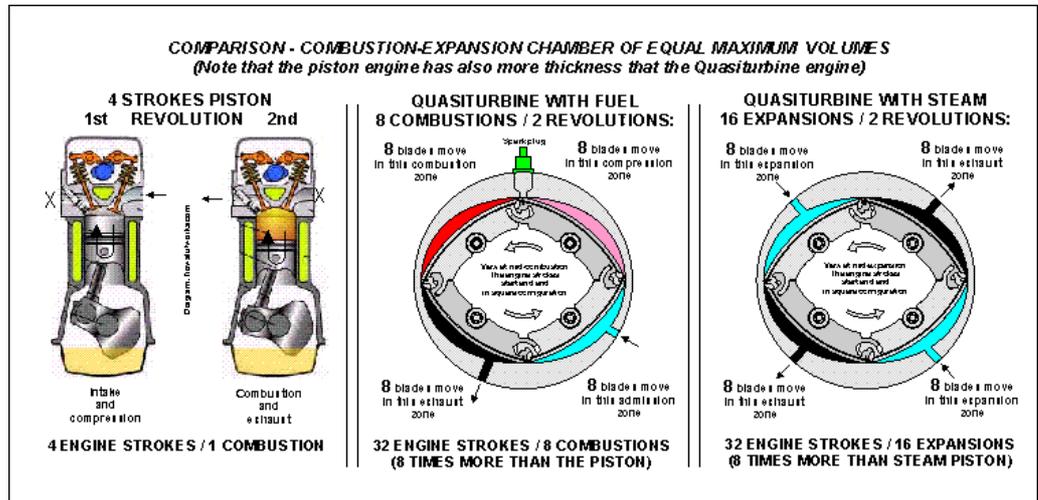


Fig. 43-1 Energy and output densities of various power sources (for vehicles) (actual examples, etc., added based on R&D of Electric Cars, issued by Japanese Ministry of International Trade and Industry).

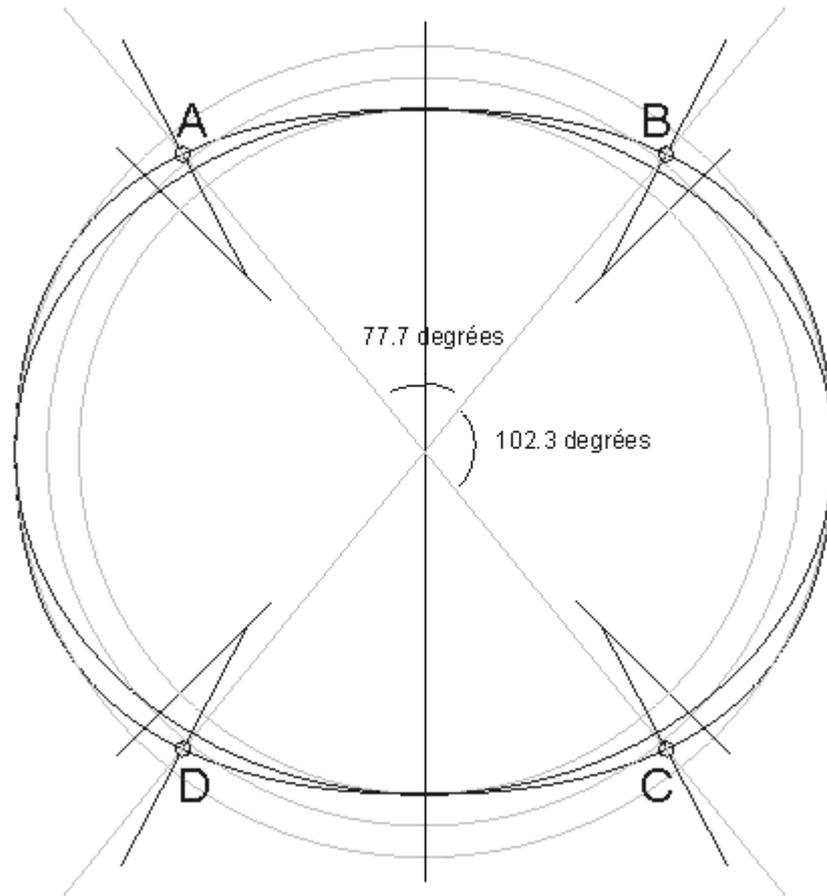


LA QUASITURBINA

**PISTON - WANKEL - QUASITURBINE**

( Theoretical values not experimentally verified )

	Volume of each chamber ( Prototype 1999 )	Number of expansions ( combustions ) in every " 2 " revolutions	Power multiplier ( substained pressure )	Relative power ( same RPM )
Piston 4 strokes ( gasoline )	50 cc	1	1	1
Piston 2 strokes ( gasoline )	50 cc	2	1	2
Wankel 4 strokes ( rotor - not shaft )	50 cc	6	0.4 to 0.7	4
Qurbine 4 strokes ( gasoline )	50 cc	8	1.2	10
Qurbine 2 strokes ( gasoline )	50 cc	16	1.2	20
Qurbine ( Steam / pneumatic ) ( 500 psi )	50 cc	16	2.5	40



Considerando la última figura, donde el bloque de la turbina tipo Saint-Hilaire (Del nombre del físico que la calculo por primera vez) es presentada con los círculos de diámetro máximo y mínimo, y un perfil de referencia elíptico, los puntos A B C D son las posiciones de los selladores de cámaras donde el rotor se encuentra en un punto muerto.

## Rápida transición entre los puntos muertos

El bloque Saint-Hilaire permite la transición más rápida posible alrededor del p.m.s. mientras los selladores de cámaras están posicionados cerca de las posiciones A, B, C, D. Para una quasiturbina cualquiera, la proporción de la variación del radio es 0.42%/grado de rotación, comparado con el 0.30%/grado de rotación del perfil elíptico o de 0 a 0.15% para el motor tradicional. Considerando que los sucesivos selladores de cámara se mueven en dirección inversa, toda mejora en la proporción de variación radial es doblada en efecto. En este caso, un movimiento de rotor de no más de diez grados hace rendir al motor al 50% de su par máximo.

## Par continuo

En contra de la mayoría de los motores rotativos que son progresivos, refiriéndose a que el par es nulo en el p.m.s. y se incrementa progresivamente hasta que un máximo es alcanzado, la quasiturbina rápidamente alcanza el diámetro máximo, y después lo sigue con precisión en todo su recorrido (Como se ve entre los puntos B y C). Para la comparación, se ha dibujado también en la figura un perfil elíptico progresivo que alcanza el diámetro máximo solamente entre los puntos B y C y, consecuentemente, da el par máximo únicamente en ese punto. De esta forma, la quasiturbina produce su par máximo durante el recorrido por el perfil que forman B y C para un rendimiento optimo (Mucho mejor que en un perfil elíptico). La combustión continua (La transferencia de la llama de una cámara a otra, que no es posible en el motor Wankel) permite la optimización del par continuamente. Uniendo dos unidades con una diferencia de fase de 45 grados se asegura un par positivo para cualquier ángulo del eje motor, incluso a cero r.p.m. Hay que recordar que el Wankel da chispa 3 veces por vuelta rotor (No por eje motor y cada una espaciada por 30 grados de tiempo muerto), pero desde que el eje motor rota 3 veces más rápido que el rotor, solo da chispa una vez por vuelta del eje motor, y por tanto no tiene la continuidad que ofrece la quasiturbina. En la figura de abajo, uno puede darse cuenta de los cuatro impulsos de par de la quasiturbina, y la relativa continuidad comparada con los tres impulsos de par del motor Wankel (La igualdad en una vuelta completa del rotor es comparable en una base geométrica, pero una vez que la presión es modificada por el excesivo volumen de la expansión <ver debajo>, la quasiturbina es el doble de efectiva que el motor wankel). Un perfil de la quasiturbina mas excéntrico incrementaría la amplitud de los impulsos de par y los mantendría más juntos, excediendo de esta forma las características del wankel. Excepto por las brechas entre impulsos, el par de la

Fases de motor ajustables

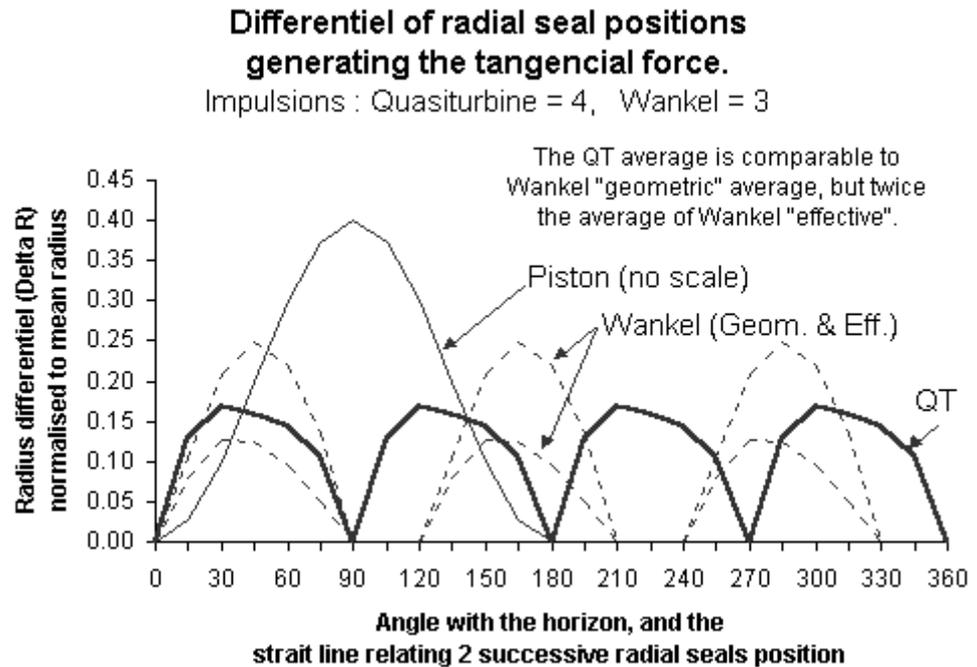
Dos unidades a 45° dan par  
positivo continuamente

Vibraciones casi  
inexistentes

## LA QUASITURBINA

quasiturbina es cercano al de una verdadera turbina que es constante. En referencia a la siguiente figura, es también interesante ver que los puertos de admisión y escape de la quasiturbina están fuera de la zona de expansión (Dando empuje durante todo el intervalo), mientras que en el Wankel coinciden en parte, reduciendo en este caso la anchura real del impulso de par. De esta forma las r.p.m. de la quasiturbina tienen un nivel de armónicas extremadamente bajo.

La geometría de la quasiturbina, permite una distribución de potencia y par casi perfecta.

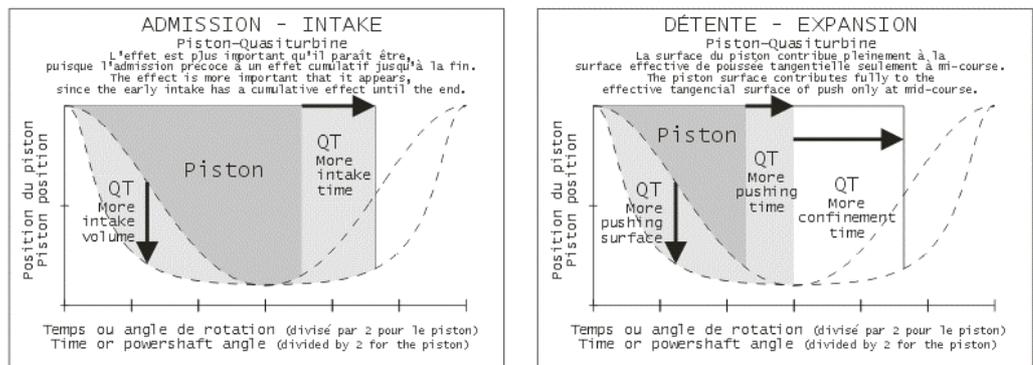


## Círculos asimétricos

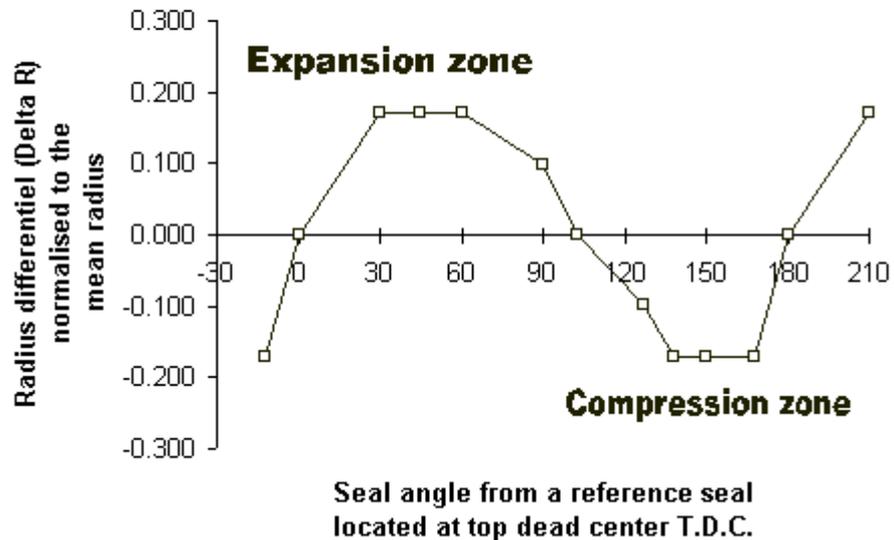
La quasiturbina es menos simétrica de lo que parece. En el p.m.s los selladores de cámara no están separados 90 grados. Los selladores A y B están separados por 77.7 grados, y los separadores B y C están 102.3 grados. Dado el efecto de mecedora que hace el bloque, las distancias lineales entre selladores varían continuamente, y un análisis radial no permite un correcto entendimiento al máximo rendimiento (El Wankel tiene sus tres sucesivos separadores a una constante e igual distancia lineal). Otra asimetría más es que los puertos de admisión y de escape pueden estar alejados de la mitad del ciclo, dando mas tiempo para la admisión y la expansión de los gases de la combustión, y menos tiempo para la compresión y el escape. La energía generada es proporcional a la integral del par entre los punto A y B en un intervalo de 102.3 grados. Considerando que 10 grados de rotación es suficiente para llevar al motor a un régimen eficiente (Y otros 10 grados al final del ciclo), el rotor está por tanto en modo de propulsión durante 82 grados (102.3 -10 -10). Y esto se da 4 veces durante una revolución, lo que quiere decir un eficiente modo de propulsión del motor de 328 grados (Medidos en el perímetro). Solo la turbina original proporciona registros

LA QUASITURBINA

mejores. (Comparado a los 120 grados sobre 720 para cada pistón en una mecánica 4 tiempos es un rendimiento increíble). Para la quasiturbina también hay que tener en cuenta que dado la forma de su bloque el par creado desaparece tan rápido como se creo al llegar al final del ciclo. Otra mejora fundamental sobre los motores de pistón son las características de admisión y expansión. Al contrario que el pistón que debe vencer las fuerzas que ha producido la expansión para continuar su movimiento, la asimetría de la quasiturbina define una zona de confinamiento post expansión en la que la presión residual puede ser mantenida sin desacelerar la rotación, y durante la cual un tratamiento del gas puede ser llevado a cabo, y la energía residual puede ser extraída a través de la turbina o crear una reserva de gas comprimido. Si la zona de confinamiento se agrupa con el escape, tenemos una salida de escape con poquísima fuerza opuesta por los gases de escape que en el motor de pistones, lo que mejora aun más la eficiencia de la quasiturbina en comparación con el motor tradicional.



Differential of radial seals position generating the tangencial force.



La quasiturbina supera al motor de pistón en todos los aspectos

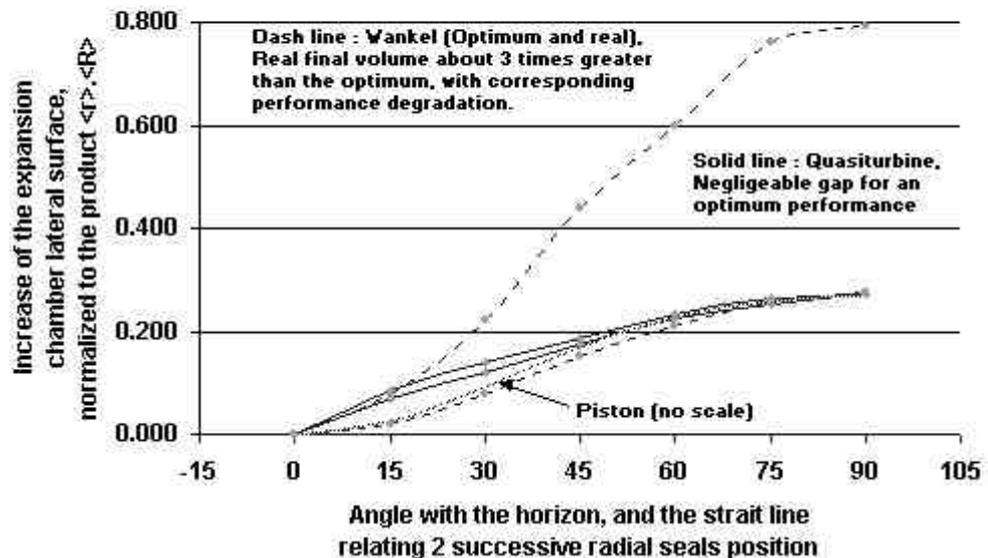
## No hay incremento excesivo del volumen en la cámara de expansión

La quasiturbina elimina los defectos del Wankel, expansión excesiva de gases y combustión deficiente, además de goteos..

¿Qué pensarías sobre un cilindro lleno de numerosas cavidades en las que el gas pudiera penetrar mientras el pistón desciende? Esto haría bajar la presión en el interior del cilindro rápidamente, y daría menos energía al pistón. En un motor de pistones, los gases presionan en una superficie constante que genera un barrido de expansión volumétrico igual al volumen real de la cámara de combustión; en el caso de los motores rotativos, los gases empujan una superficie variable que es nula cerca del p.m.s., alcanzando un máximo y cayendo de nuevo a nulo en el p.m.i.. Para ser tan eficiente como el pistón, la evolución real del volumen en los motores rotativos debe estar cerca de la expansión volumétrica generada por el barrido de esta superficie variable de empuje neto (Que corresponde en cada momento a la diferencia radial entre los selladores). Por ejemplo, el volumen al final de la fase en el Wankel es 3 veces mayor que el volumen óptimo generado por el movimiento del diferencial radial. No solo esto reduce sustancialmente la eficiencia, sino que esta expansión tan rápida es responsable de una combustión pobre, y una gran cantidad de hidrocarburos sin quemar (resultando un efecto geométrico de espachurramiento y en un enfriamiento termodiabático de la llama), eso explica por que es imposible que un motor Wankel opere en modo diesel. Contrariamente a lo que mucha gente pudiera pensar, esos hidrocarburos sin quemar generados por el Wankel no varían con la posición radial o axial del puerto de escape, ni tampoco son el resultado de la comunicación entre cámaras a través del contorno del bloque. Afortunadamente, en este aspecto la quasiturbina se comporta de forma exacta a los motores de pistón, en el sentido de que el incremento del volumen en la cámara de expansión es exactamente el mismo que el generado por el volumen de la cámara de admisión, pero cuando comparamos los volúmenes de admisión para un funcionamiento óptimo, la quasiturbina tiene el más grande posible para los 3/4 de la fase, favoreciendo una temprana admisión que permitiría una mejor eficiencia. Es también interesante darse cuenta de que en el punto muerto superior (Volumen mínimo), el volumen de la cámara de combustión del Wankel varía asintóticamente (Esto es debido al hecho de que el rotor del Wankel para su rotación en ese punto, por lo que es un movimiento poco homocinético), mientras que el volumen de la cámara de la quasiturbina empuja linealmente (Para una mejor extracción de la energía al comienzo de la fase, y lo que ofrece también que pueda funcionar con fotodetonación en lugar de la chispa eléctrica). También es llamativo que contrariamente al caso de la quasiturbina que crea impulsos de baja presión, los motores de pistones y wankel tienen tiempos de confinamiento largos que requieren una mínima relación superficie-volumen de la cámara de combustión para poder atenuar los persistentes cambios térmicos.

## LA QUASITURBINA

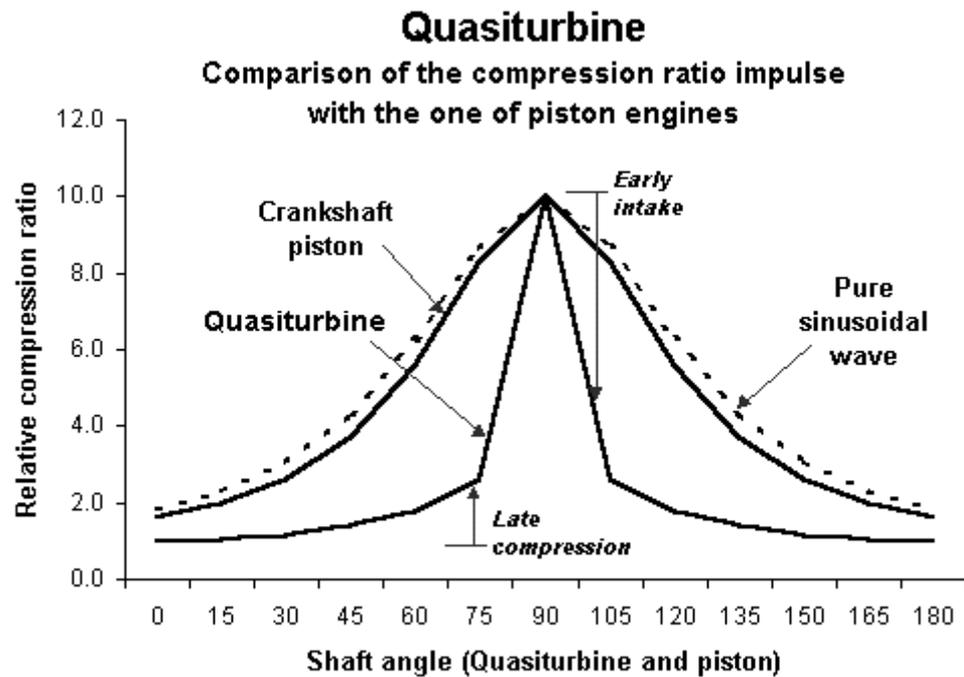
**Undesirable difference between expansion chamber volume real increase, and the optimum dictated by the surface swept by the seal radial differential (Comparison Quasiturbine and Wankel)**



La quasiturbina a diferencia del Wankel, permite el modo diesel o cualquier otro por detonación a presión.

## Alta relación de compresión

A la hora de elegir la magnitud de este parámetro en el diseño, los motores rotativos generalmente presentan un dilema. Si se quiere aumentar la relación de compresión, el volumen de admisión ha de caer a un nivel inaceptable, de esta manera impondríamos motores de grandes dimensiones. La quasiturbina no presenta este dilema, y permite la construcción de un motor de detonación compacta o un motor diesel. Como se explico con anterioridad la compresión y el escape se realiza en un espacio de 77.7 grados, mientras que la expansión y la admisión se realiza en un espacio de 102.3 grados. Esta asimetría (Imposible en un motor de pistón o en un motor rotativo convencional) permite mantener los selladores de cámara mas juntos permitiendo una relación de compresión más alta y una máxima extracción de la energía debido a una fase de expansión más larga. La misma asimetría permite así mismo un más alto volumen máximo de admisión debido al ángulo de 102.3 grados entre D y A. La habilidad de alcanzar una alta relación de compresión es también esencial para alcanzar un factor de conversión de la energía más alto cuando la quasiturbina funciona como un motor neumático o de vapor (Reduciendo al mínimo el volumen inicial antes de la expansión).



## Resistencia al goteo

La quasiturbina no tiene goteo, gracias a unos selladores perfectamente adaptados al bloque..

La quasiturbina no tiene el grave problema de goteo del Wankel. El Wankel debe hacer uso de 3 selladores en los picos de los triángulos, que se encuentran con el perfil del bloque con un ángulo variable a ambos lados de la perpendicular (De -60 grados a +60 grados). Desde que los selladores de la quasiturbina están apoyados sobre rodamientos, se encuentran perfectamente perpendiculares al perfil del bloque en todo momento. Más aun, si los deslizantes de los selladores están perfectamente colocadas en ellos, los propios deslizantes sellan las dos cámaras consecutivas ( la punta del sellador seguiría sellando). El original diseño de los selladores los hace perfectos a cualquier situación haciendo uso de su perfil curvado y de la presión interna para mantenerlo en su sitio en todo momento. Este avanzado diseño usa las propias palas para sujetar los selladores y tiene dos puntas que tienen un punto de contacto con el perímetro que esta fuera del eje de la pendiente para una máxima contribución de la presión. Al igual que en el motor de pistón, la longitud total de los selladores incrementa linealmente con el tamaño del motor, mientras que el volumen comprimido aumenta en relación a un tercio de la potencia, lo que significa que cuanto más pequeña es el motor, más sensible es a los goteos (Un prototipo de 200cc por revolución tienes 4 cámaras de 50cc que requieren una esmerada construcción).

## No hay vibraciones en el eje

La quasiturbina es el verdadero motor rotativo con un centro de gravedad estacionario durante la rotación, desprovista de cualquier vibración en el eje (No obstante como todos los motores es objeto de impulsos unidireccionales contrarios al par que crea). Los motores Wankel es un motor rotativo de pistón que esta sujeto a constantes vibraciones circulares. Es interesante darse cuenta de que el perfil del bloque de la quasiturbina es infinitamente más complicado que el perfil del Wankel. Como no hay formula para calcular este perfil, son las computadoras las que resuelven estas dificultades.

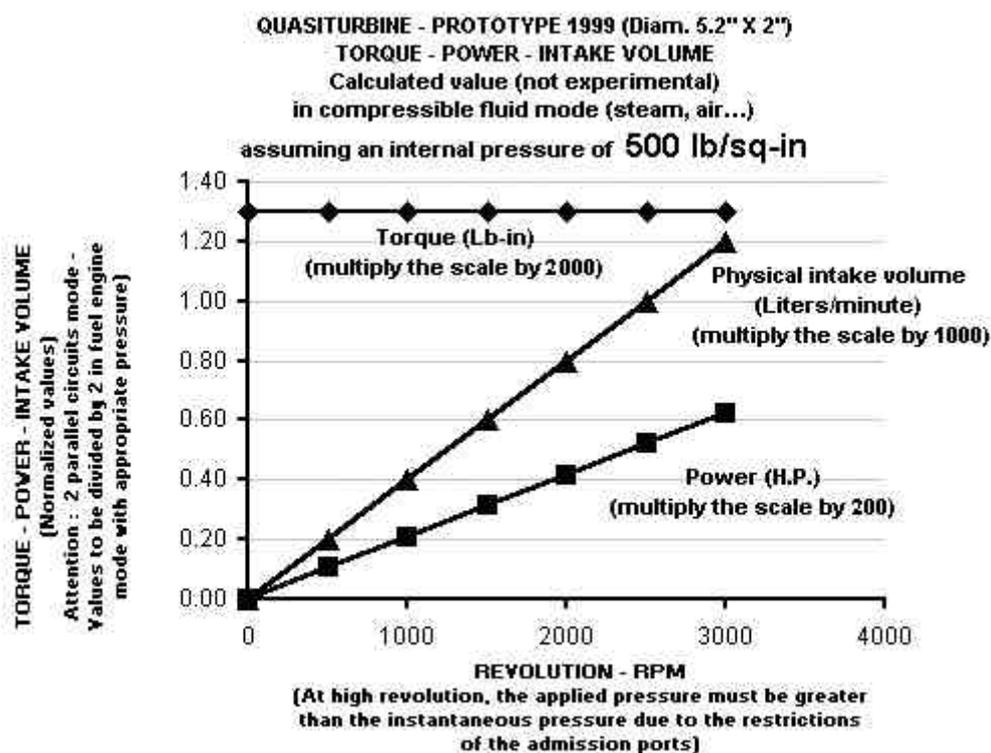
## Rápida aceleración

Al no poseer volante de inercia que absorba las armónicas, la quasiturbina posee una aceleración superlativa

Debido a la ausencia (no es necesario) de un volante de inercia y debido a su baja inercia intrínseca, la quasiturbina es capaz de realizar rápidas aceleraciones, incluso a bajas r.p.m.. Esta cualidad hace de la quasiturbina un motor nervioso y con unas grandes cualidades para los motores deportivos. En comparación, el Wankel tiene una importante masa triangular excéntrica que se añade a la inercia y limita las aceleraciones. Además, la quasiturbina puede ser arrancada usando aire comprimido, de una reserva, alimentada por los gases de escape lo que evitaría el motor de arranque (Una palanca alimentada también a presión podría ser usada para colocar el rotor en posición inicial optima de arranque, aunque no es necesario).

## Construcción y fiabilidad

Los motores rotativos están generalmente comprendidas entre un robusto bloque y un eje central alojado en grandes rodamientos que son capaces de soportar la carga del rotor generada por la presión de la combustión. Por su parte, la quasiturbina requiere solamente un sólido bloque en donde también se aplica la carga de la presión; el eje central es electivo y solo se dedica a transferir el par cuando es necesario. Aun más, al contrario que en el Wankel la quasiturbina no necesita ninguna marcha de sincronización (Complicadas y caras de construir, y sujetas a lubricación y fatiga), ni ninguna sincronización de la chispa. Los motores convencionales han conseguido una excelente fiabilidad considerando sus bombas, cigüeñales, sombreretes, árboles de levas, bielas, distribución eléctrica... Al no tener todos estos mecanismos, la quasiturbina es sencilla de fabricar, y por supuesto mucho más fiable (especialmente si la decisión de usar la combustión continua es adoptada). Además debido a sus características puede trabajar mucho tiempo a bajas revoluciones con una mejor fiabilidad y duración.



## Ahorro de energía

Empuje continuo

No necesita periféricos

No se ejerce trabajo de escape

Rápida expansión

La quasiturbina permite importantes ahorros de energía sin tener pretensiones de ofrecer un mejor rendimiento termodinámico que otros motores, simplemente sus características de construcción así lo permiten (Recordando que el motor de pistones de 4 tiempos solo esta propulsando el 19% del tiempo y arrastrando el 81% del tiempo restante). De hecho, la habilidad de la quasiturbina para generar un enorme y continuo par a bajas revoluciones permite en numerosas aplicaciones incluido el transporte, la supresión de la pesada y cara caja de velocidades que consume entre el 8 y el 12% de la energía. Aun más, la mejor relación peso-potencia de la quasiturbina (A la cual contribuye que no hay volante de inercia) se alcanza en vehículos ligeros como automóviles y camiones (También debido a la supresión de la caja de cambios) y se reducen los consumos. El hecho de que la quasiturbina no necesita periféricos consumidores de energía (Bombas, cigüeñales, árboles de levas,...) también constituye una ganancia en el nivel de energía efectiva. También la rápida expansión del volumen justo después del p.m.s. permite extraer más energía del caliente gas inicial con tres ventajas: los gases de escape se enfrían, se transfiere menos calor al bloque del motor, y se producen menos NOx. Finalmente, la fase de escape se lleva a cabo simétricamente en ambas partes del motor, no es necesario ejercer un trabajo mecánico para evacuar los gases, mejor incluso, el comportamiento es análogo para liberar el espacio de la cámara de gases y crear un vacío que autolimpia la cámara de escape. La modelización matemática de la quasiturbina es representada por un pistón situado en un cilindro

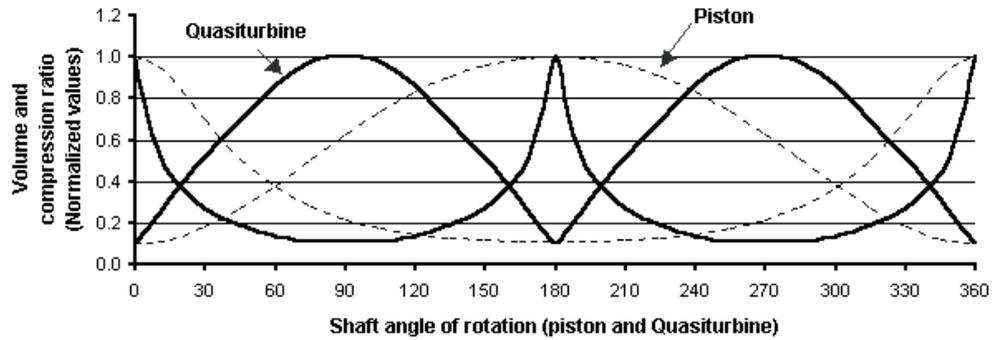
LA QUASITURBINA

infinito, con todas sus ventajas asociadas. La eficiencia energética es debida a lo siguiente:

- Termodinámica: gana por una temprana y retardada extracción de la energía mecánica
- Termal: hay poco flujo de calor y el enfriamiento es sencillo
- Rozamientos: el producto de desplazamiento con fricción  $x$  es más bajo que el del pistón
- Accesorios periféricos: ganancia debido a la falta de cigüeñal, bombas,...
- Picos de potencia: solo un 20% más que la potencia nominal, comparado con las 7 veces más de los pistones
- Armónicas de las r.p.m. en el eje: son muy bajas y no hay necesidad de volante de inercia
- No hay necesidad de caja de cambio: se salva entre un 8 y un 12% de energía
- Larga durabilidad: el desgaste se mide en el número de movimientos, el trabajo a bajas revoluciones alarga la vida
- Eficiencia de admisión: el pistón tiene bajas ondas de admisión en su seno
- Tamaño de la aplicación: a más ligero el vehículo más durabilidad
- Aditivos de combustible: la quasiturbina requiere combustibles de menos octanos
- Medio ambiente: Consume poco combustible y casi no produce Nox
- No hay vibraciones: lo que disminuye desgastes y la aceleración de la corrosión
- Tamaño: es 4 veces más pequeño que un motor de pistones equivalente
- Reducción de peso: es 5 veces más ligero que su equivalente en pistones

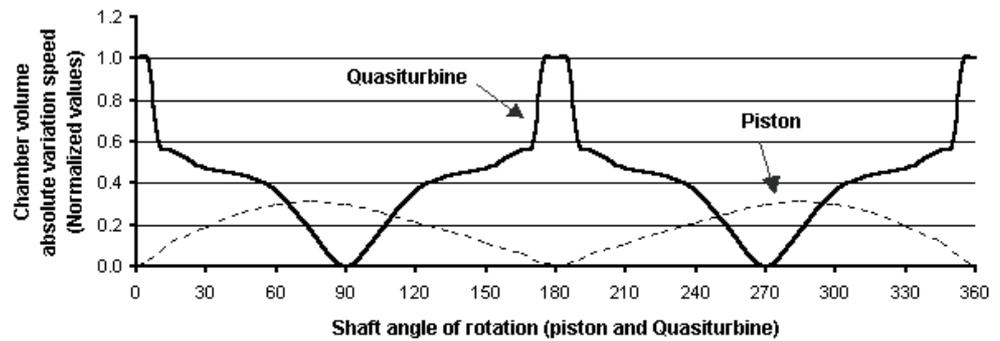
LA QUASITURBINA

Comparison : \_\_\_\_\_ Quasiturbine, ---- Piston  
Evolution of one chamber volume and its compression ratio



Los pulsos de presión pequeños, permiten mejorar casi todos los parámetros del motor..

Comparison : \_\_\_\_\_ Quasiturbine ---- Piston  
Chamber volume absolute speed variation



### Nota del diagrama presión-volumen

Los motores presentan características cíclicas que suelen representarse adecuadamente por una curva cerrada en un diagrama de presión y volumen. En el caso de un pistón donde la superficie de empuje es estrictamente igual a la superficie que esta generando el volumen, la superficie cerrada en la curva cerrada del diagrama presión-volumen es entonces proporcional al trabajo realizado por el gas. Sin embargo, este no es el caso general para un motor rotativo, y en especial para el Wankel, ya que la superficie de empuje no tiene el mismo tamaño que la superficie que esta generando el volumen. La quasiturbina es como hemos estado viendo la excepción en el mundo de los motores rotativos, ya que su superficie de empuje si es igual a la superficie que está generando el volumen, y en consecuencia, la superficie en curva característica de presión-volumen es proporcional al trabajo producido por la quasiturbina. Así que, hay que ser cuidadosos en una comparación basada en el diagrama presión-volumen.

## Medio ambiente

Es conocido que los motores dos tiempos son ligeros y nerviosos, pero también muy contaminantes. La razón que explica este fenómeno es el hecho de que, en los motores dos tiempos, los gases de escape son expulsados por la mezcla de admisión que está entrando, y con el fin de conseguir una máxima potencia, parte de esta mezcla de admisión pasa directamente al colector de escape sin haber sido quemada. En la quasiturbina, las mezclas de admisión nunca tienen contacto y nunca se encuentran empujando a los gases de escape. Por ello, la quasiturbina tiene características de potencia de los motores dos tiempos, mientras mantiene la excelente combustión de los gases de escape de los cuatro tiempos. Por razones medioambientales, los motores de dos tiempos deberían desaparecer lo antes posible, a lo que la quasiturbina se presentaría como una excelente alternativa. Con la misma potencia, la quasiturbina es también mucho menos ruidosa que los motores de pistones, debido a que fracciona cada expansión en 4 expansiones por revolución (O 8 por cada dos revoluciones en los motores 4 tiempos), y expulsa los gases de forma más progresiva y un área angular mas grande. Aun más, los NOx se forman al final de un largo ciclo de confinamiento a altas temperaturas y presión. Como la quasiturbina presenta una variación del volumen lineal cerca del p.m.s., la expansión comienza antes que en otros motores, lo que da menos presión y temperatura inicial y por lo tanto menos tiempo para la formación de NOx, al igual que menos calor trasferido al bloque.

Los cortos pulsos de presión la quasiturbina permitan una producción de Nox ínfima.

## Variedad de combustibles

Como motor, la quasiturbina es un excelente convertidor de energía usando fluidos presurizados (Motores neumáticos, motores de vapor, motores para centrales hidroeléctricas, etc). Grandes unidades podrían ser usadas para producir electricidad en plantas térmicas de petróleo, o para transformar en energía mecánica los gases residuales de procesos industriales. Además de los combustibles tradicionales de petróleo líquido, la quasiturbina puede en principio hacer uso de (Si se adapta) una gran variedad de combustibles desde el metanol al diesel, incluido el keroseno, el gas natural y el hidrógeno. Sobre usar la alimentación computerizada, hay que tener en cuenta que el fluido en la admisión es muy continuo y no interrumpido como en los motores de pistón. De hecho, el factor de carga del la admisión es sobre 3 o 5 veces mejor, así que esa inyección continua de combustible es apropiada sin ninguna sincronización (Recuerda que es un motor de combustión continua sin cruce de válvulas ni readmisión. Así mismo, no tienen sentido cualquier modificación del colector de escape). El sistema de fotodetonación, que es adecuado a la quasiturbina, esta perfectamente adaptado al uso de varios combustibles, ya que no requiere carburador, inyector, e incluso la bujía, pero si necesita la pulverización de la mezcla en la admisión (al vacío o a presión atmosférica). Al contrario que los diesel de inyección directa, la fotodetonación permite una combustión uniforme a baja temperatura, y por lo tanto es menos contaminante.

## Integración eléctrica

La quasiturbina permite por primera vez una completa integración en la misma pieza de un generador eléctrico con un motor convencional (Muy demandado en aplicaciones híbridas, y sin vibraciones). Debido al hecho de que el centro de la quasiturbina está libre de componentes, los componentes del motor eléctrico pueden ser alojados simultáneamente en el centro del motor, y en un estator periférico. Solo la zona intermedia está en rotación. Recíprocamente, si los componentes eléctricos crean un motor, la quasiturbina se transforma en un motor-bomba eléctrico, o en una planta de energía de doble producción.

## Alta tecnología

El diseño de la quasiturbina, es perfecto para todos los diseños futuros que plantea la industria..

El hidrógeno es, sin ninguna duda, lo máximo en la tecnología de combustibles. Sin embargo, la alta inflamabilidad del hidrógeno impone una cámara de combustión estratificable distinta de la cámara de combustión tradicional (Lo que descalifica a el motor de pistones). El éxito del motor Wankel para la combustión directa del hidrógeno es debido a su admisión y combustión estratificada, que es debida principalmente por la temprana admisión (Como la quasiturbina) y su excesivo volumen durante la expansión (Lo que hace perder eficiencia). La quasiturbina ofrece las mismas ventajas con el hidrógeno, pero sin pérdida de efectividad y de degradación del hidrógeno. La quasiturbina sigue los criterios fundamentales impuestos por el motor de hidrógeno del futuro (Área de admisión fría, admisión estratificada, tiempo reducido de confinamiento, baja sensibilidad a la detonación, menos contaminante, robusto y energéticamente eficiente), e incluso supera al Wankel en este aspecto, desde que las admisiones están separadas en tres tiempos en lugar de dos. Sin embargo, contrariamente a los motores de pistones que tienen una aproximación asintótica al volumen mínimo, la quasiturbina se acerca y se aleja linealmente desde este punto de compresión máxima, lo que quiere decir que la duración de este radio de compresión máximo es muy corto, y eso si el modo de detonación lo permite, es lo natural realizarla en ese punto, lo que permite la combustión total y un mejor rendimiento (Característica que explica la insensibilidad de la quasiturbina a las detonaciones frecuentes del hidrógeno). Además, la alta temperatura de combustión del hidrógeno en presencia de nitrógeno (Aire) genera mucho óxido de nitrógeno, un contaminante que la quasiturbina previene por la corta duración de sus pulsos de presión. Respecto a la durabilidad, es sabido que los segmentos de los pistones rompen fácilmente en presencia de hidrógeno, lo que es debido al hecho de que el perímetro interno del segmento está en compresión mientras el exterior está rozando con el cilindro que está en expansión lo que favorece una rápida fragilización por el hidrógeno, una situación desconocida para la quasiturbina. En el caso de que fuera necesario reducir el nivel de contaminación por micro partículas en la admisión, hay que darse cuenta de que la cámara de escape de la quasiturbina puede ser ventilada exteriormente. También, y debido a que no tiene cárter, no necesita de la gravedad para el correcto funcionamiento, con lo que la quasiturbina puede trabajar horizontalmente,

verticalmente, o al revés, en una variedad de medio ambientes (Incluso debajo del agua) o en sistemas de microgravedad como el cosmos. Funcionando como una bomba, la quasiturbina no requiere una válvula de control, lo que abre la puerta a campos como la criogenia.

## No necesita aceite, compresores o bombas

En el motor Wankel, el cárter es necesario para el cigüeñal, rodamientos, lubricación de las marchas y equilibrio térmico. En la quasiturbina, el aceite no es un agente refrigerante, y es solo necesario para las caras de rozamiento de los selladores. Pero el uso en la quasiturbina de selladores cerámicos de alta tecnología evitan la necesidad del uso de aceite (El equilibrio térmico es llevado a cabo por el contacto de los rodamientos deslizantes de los selladores con el bloque). Más aun, como el hidrógeno degrada todos los tipos de aceite, el motor sin lubricación es el único posible para un motor de hidrogeno. Pero para posibles usos de la quasiturbina sin hidrogeno es posible añadir pequeñas cantidades de aceite al combustible o el vapor. Hay que darse cuenta de que por su forma y el efecto centrifugo que realiza el motor solo son necesarias mínimas cantidades de lubricante.

## Una cámara de combustión de geometría superior

La quasiturbina esta especialmente adaptada a la fotodetonación supersónica.

La cámara de combustión puede ser colocada en varias posiciones (Radial o lateralmente). Aunque se sugiere que la cámara sea localizada centrada en el p.m.s., ya que se encuentra entre dos patinetes selladores y el bloque motor en el que se encuentra la bujía, todo esto logra contener el 80% de la mezcla gaseosa en una forma parecida a un cubo con las caras redondeadas (En el p.m.s., el radio de las superficies visibles al volumen de la cámara de combustión es comparable al del pistón. La cámara puede ser fabricada semiesférica, cilíndrica, etc). Cuando se encuentra en el p.m.i., esta disposición tiene la ventaja de prevenir que la pala divida la cámara en dos partes, y asegurar la completa ventilación de la cámara en el escape. Por el contrario, el pistón rotativo del motor Wankel esta unido al cigüeñal y no permite crear una cámara de compresión realmente compacta, haciendo que la cámara de combustión en el p.m.s. sea larga y estrecha, que además arrastra la mezcla en un inadecuado movimiento giratorio retrasando la combustión a el final de la cámara. La estrechez de la cámara de combustión de la quasiturbina permite sin ningún problema el arrastre giratorio de la mezcla. Las palas tienen un pequeño contorno que permite que la mezcla gaseosa vaya moviéndose de un extremo a otro evitando que se quede acumulada en una esquina. Es interesante recordar que cerca de p.m.s. los aisladores de cámara no se cierran a la vez contra la pala (El delantero llega primero, y luego el trasero). Pasado el p.m.s., el delantero abandona esa posición primero y luego el trasero). Visto desde el interior de la cámara de combustión, la compresión llega de todas direcciones, y lo mismo para la expansión durante la combustión. Es también señalable que la geometría de la quasiturbina permite una apertura de escape muy larga

en un sector angular muy grande (Lo que reduce el trabajo necesario para el escape), y esto sin necesidad de un cruce de admisión y escape. Como en cualquier motor, para cada combustible considerado, la cámara de combustión ha de tener simultáneamente un nivel de compresión y de volumen mínimo requerido (Para la gasolina, se debe de tener como mínimo una cámara de combustión de 5cc, y un ratio de compresión de 8), condiciones que son fáciles de llevar a cabo con grandes unidades. Vamos a añadir a la comparación que la combustión en la quasiturbina dura un cuarto de la rotación del eje, mientras que dura la mitad del giro en un motor de pistones (De dos o cuatro tiempos). Todo esto asociado a la velocidad de la combustión, no es una sorpresa que la máxima velocidad de rotación teórica de la quasiturbina es solo la mitad de la de un motor de pistón. Por ello, si el avance de admisión de un motor de pistón es 20 grados, solo serán 10 en la quasiturbina (La fase es distribuida solamente en 90° en lugar de los 180° del pistón. Aunque en realidad la quasiturbina no realiza ningún avance). El pistón es muy sensible a la sincronización, ya que produce un gran par solo a mitad de fase, mientras que la quasiturbina no es sensible a la sincronización, ya que su curva de par es plana en todas las fases. La quasiturbina es especialmente adaptable a funcionar en modo de fotodetonación supersónica. Algunos expertos en motores de pistones tratan de cuestionar la relativamente compleja forma de la cámara de combustión de la quasiturbina (Ellos cuestionan de hecho y mayoritariamente el intercambio térmico que habría con el bloque), pero hay que ver que al volumen mínimo, la cámara del pistón parece un disco plano que esta lejos de lo que sería ideal. Si las características de la cámara de los motores de pistón son tan pésimas, es debido principalmente a el largo impulso de presión generado por el pistón. La quasiturbina produce un impulso de presión mucho más corto que la hace mucho menos sensible a la forma de la cámara. Aun más, en la quasiturbina, solo una fracción de el gas esta en los contornos de la cámara en el momento de la explosión. Los puertos de admisión y escape pueden ser colocados en diferentes posiciones alrededor del bloque, por lo que es posible realizar un mejor llenado de la cámara teniendo una simultanea apertura solapada de los dos puertos, sin arriesgar que una pequeña parte de los gases de admisión se vayan por el escape, como es el caso de los motores de pistón.

## Rango de potencia más amplio que las turbinas convencionales

La quasiturbina opera de acuerdo con los principios de la hidroestática, en oposición de las turbinas convencionales que operan sobre los principios de la hidrodinámica. Hay que recordar que las turbinas de gas convencionales están concebidas para un flujo aerodinámico preciso, y no ofrece un amplio rango de potencia con una eficiencia razonable. Por su parte, la quasiturbina no usa características de flujo aerodinámico en sus piezas, y mantiene su excelente eficiencia en una amplia gama de potencias. Es lo mismo cuando la quasiturbina es propulsada por vapor, aire comprimido, o por un flujo de un fluido (La quasiturbina plástica para centrales hidroeléctricas, etc). Además, la quasiturbina no requiere vapor a alta temperatura, ni vapor seco, y es particularmente

adaptable para la recuperación de energía, cogeneración, o para una estación de reducción de presión. Lo más interesante de la multitarea es que pueden unirse varias quasiturbinas en un mismo eje y ser conectadas individualmente a medida que la energía es necesitada usando un simple acoplamiento mediante un trinquete, esto permite incrementos en los rangos de potencia y en la eficiencia energética. (Por esto mismo, acoplarla a un generador, compresor o bomba no necesita el eje de la quasiturbina, ya que el mecanismo puede ser acoplado directamente sobre el eje de la quasiturbina, dentro de ella).

## Alta densidad de potencia

Para conseguir una alta densidad de potencia (En volumen y peso), el concepto y diseño del motor debe estar seguro de que todos los componentes son continuamente esenciales. Por ejemplo, los pistones de un motor de automóvil son independientes, cada pistón es útil mientras propulsa (17% del tiempo), pero el resto del tiempo es una desafortunada carga (83%). En la quasiturbina, todos los componentes son continuamente esenciales, y no experimentan ningún tiempo muerto. Asociada a la combustión continua, la quasiturbina es uno de los mejores candidatos en la carrera por un motor de alta densidad de potencia. Esta excepcional característica tiene una contrapartida: como el material nunca descansa, debe estar hecho de los mejores materiales.

El rozamiento de la quasiturbina, es inferior a cualquier otro tipo de motor..

## Considerando la fricción

Afortunadamente, los materiales modernos permiten reducir considerablemente la fricción, que actualmente es todavía el enemigo número uno de los diseñadores de motores. La fricción de los selladores en la superficie plana de la quasiturbina puede ser reducida usando soluciones bien conocidas. Las juntas entre los rodamientos deslizantes y los selladores presentan un problema parecido, pero un tratamiento con nitrógeno es generalmente apropiado. Finalmente, las uniones entre el conjunto de los selladores y las palas son más críticas y necesitan tratamientos especiales. En el caso de la quasiturbina de 4 tiempos, solo una cámara está presurizada y la carga es totalmente transferida a los selladores opuestos. En el caso de una carga considerable (diesel), sería eventualmente necesario usar un rodamiento en las uniones sellador-pala y en los ejes de los rodamientos deslizantes de los selladores. En todos ellos, el producto de la fricción por desplazamiento  $X$  es menor en la quasiturbina comparada con el motor de pistón.

## Más grande es mejor

La quasiturbina en modo hidráulico, neumático o de bomba es un poco sensible al tamaño, y no presenta un umbral crítico (excepto en caso de gran viscosidad). Es

diferente en el modo de combustión, debe manejarse simultáneamente la alta presión, el vacío de admisión, y las condiciones de combustión. Uno generalmente considera dos factores intrínsecos: el radio de goteo que decrece con el cuadrado del tamaño, y el radio de contacto que decrece con la inversa del tamaño y el tiempo de confinamiento. Como esos dos factores negativos decrecen con el tamaño de el motor, es relativamente fácil hacer funcionar una unidad grande (Esto es generalmente cierto para otros conceptos mecánicos). También así, para todos los combustibles considerados, la cámara de combustión ha de tener simultáneamente la mínima relación de compresión y el mínimo volumen requerido, condiciones que son fáciles de conseguir con grandes unidades.

## Motor ideal para vehículos híbridos

La quasiturbina es el motor ideal para un motor rueda de un vehículo híbrido.

El motor rueda es un elemento del grupo de tracción del vehículo híbrido, que hace la función de generador para recargar las baterías. La quasiturbina sería el motor ideal para realizar esa función, ya que tiene las cualidades requeridas:

- No tiene vibraciones: Los motores pequeños son poco temblorosos
- Compacto: 5 veces menos incomodo que un motor de pistón
- Ligero: 5 veces menos pesado que el motor de pistón equivalente
- Menos ruido: sin silenciador es 20 veces menos ruidoso que un motor de pistón
- Más eficiente y menos contaminante: Aproximadamente 500 veces menos Nox
- Y mucho más...

## Otras aplicaciones

Los datos y los comentarios precedentes han sido verificados por medio de prototipos construidos. Estas características benefician a todas las aplicaciones de la quasiturbina, lo que incluye convertidores de energía para fluidos presurizados (Neumática, vapor,...), motores de combustión, compresores, bombas, y otros.