Generador de Conversión Ciclónica (GCC)

Proyecto Yurakan

GENERADOR EÓLICO SOLAR DE GRAN POTENCIA

LUGO

David Prieto Gracia (TMS)

LUGO, 7 Mayo 2009

Agenda

- **Diferentes convertidores vorticales**

- ¿Qué es un Generador de Conversión Ciclónica (GCC)?
- Primera investigación científica.
- Primeras simulaciones y validaciones en la Universidad de Zaragoza.
- Nuevos desarrollos a través de simulaciones
- ¿Por qué un parque ciclónico y no energía eólica tradicional?
- Minimización de riesgos

Debemos establecer de forma definida las diferencias funcionales y constructivas de los diferentes convertidores vorticales conocidos

Tipos de convertidores vorticales

- **Convertidor Ringleb.**
- **Convertidor Michaud.**
- **Convertidor Yen.**
- **Convertidor Ciclónico**

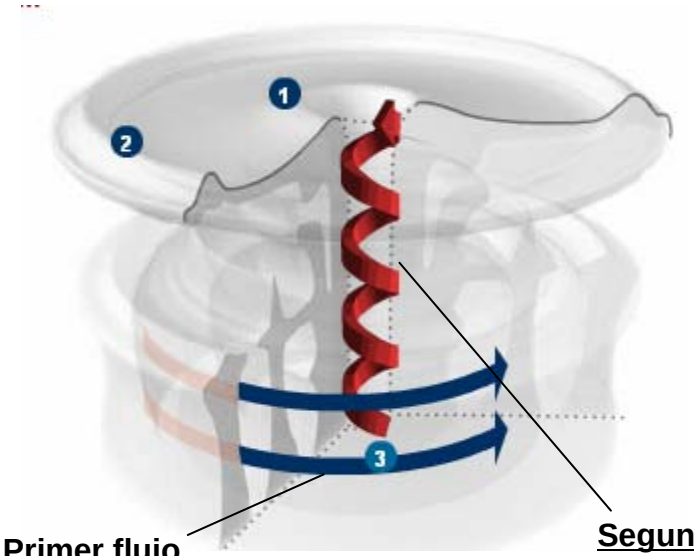
- **Espiral conformadas por sus superficies cuyas secciones planas son tangentes. Las curvas de dichas secciones pueden conformarse por**

1. **Dos circunferencias tangentes.**
2. **Una circunferencia y una elipse.**
3. **Dos elipses.**
4. **Espiral logarítmica.**
5. **Espiral hiperbólica**

tms
Tryp Multiserv Servicios

El GCC está basado en el fenómeno vortical, por el cual se forman los ciclones. Es un integrador y concentrador de energías dispersas del medio ambiente.

Anatomía de un ciclón o vórtice



Primer flujo
Aire girando a gran velocidad

Segundo flujo
Núcleo vortical

- **El fenómeno natural integra y concentra varias energías renovables dispersas:**
  - **Cinética del Viento.**
  - **Radiación Solar.**
  - **Energía térmica convectiva.**
  - **Energía térmica de condensación.**
  - **Energía bárica de posición.**
- **Un ciclón (o vórtice) consta de dos partes fundamentales**
  - **Una masa de aire en movimiento circular a gran velocidad**
  - **Un núcleo vortical (el ojo del ciclón) equivalente a un cilindro sólido en rotación ascendente que aspira aire por la base por el principio del vórtice**
- **Estos dos flujos no se mezclan entre ellos**

Fuente: El Mundo; TMS.

Agenda

- Convertidores vorticales.
- **¿Qué es un Generador de Conversión Ciclónica (GCC)?**
- Primera investigación científica.
- Primeras simulaciones y validaciones en la Universidad de Zaragoza.
- Nuevos desarrollos a través de simulaciones
- ¿Por qué un parque ciclónico y no energía eólica tradicional?
- Minimización de riesgos

La energía ciclónica es nueva, limpia y renovable y se genera al circular el viento por el interior de la torre ciclónica (o GCC).

ENERGÍA CICLÓNICA

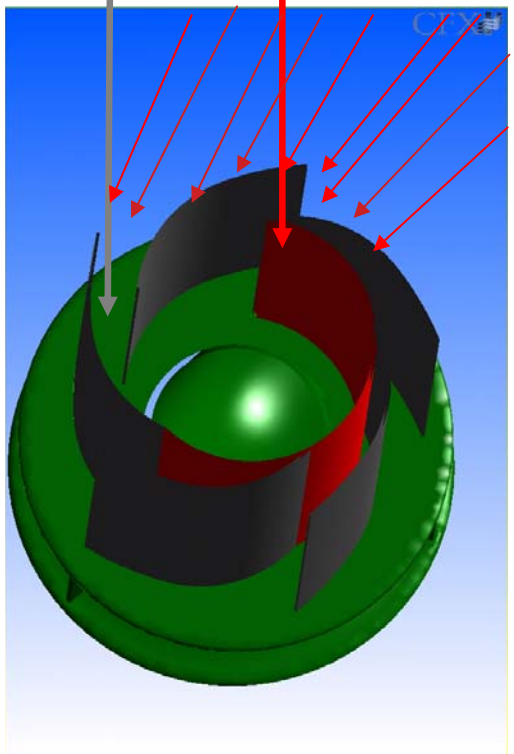
- El proyecto supone una nueva tecnología global de generación de energía limpia y renovable que hemos llamado ENERGÍA CICLÓNICA
- La energía ciclónica se basa en un fenómeno natural y consiste en generar “pequeños ciclones artificiales confinados y controlados”

TORRE CICLÓNICA

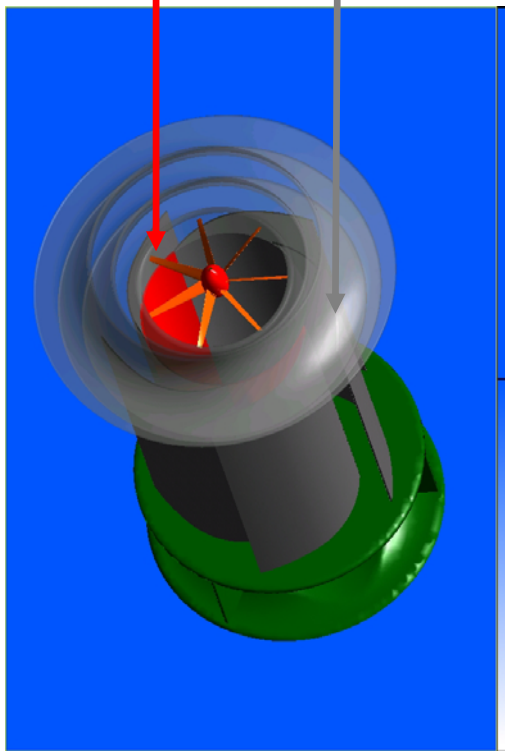
- La energía se genera por la acción del viento exterior hacia el interior de la TORRE CICLÓNICA o GCC (Generador de Conversión Ciclónica)
- El GCC como el ciclón tienen células convectivas. El tornado o sistema Yen no tiene células convectivas.
- Un conjunto de GCCs se denomina PARQUE CICLÓNICO

Un GCC es una estructura cilíndrica hueca y rígida de cientos de metros de altura con una turbina en la parte superior.

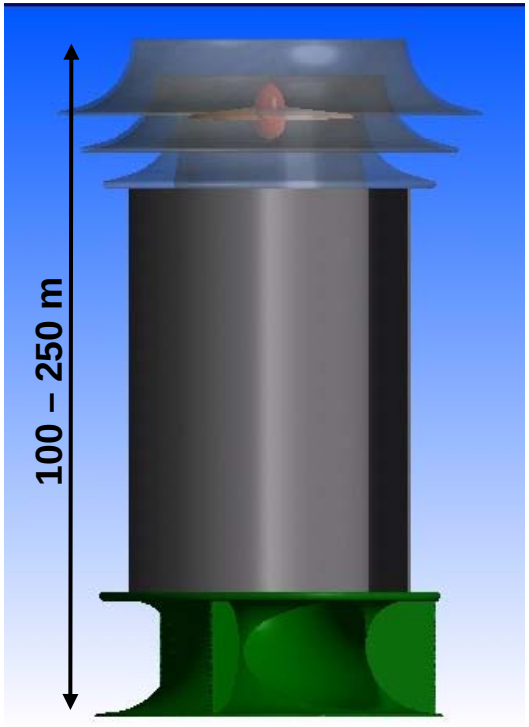
Sección del GCC, que deja ver el obturador (en rojo) los convectores (en gris)



GCC en perspectiva isométrica (muestra la turbina y deflectores superiores)



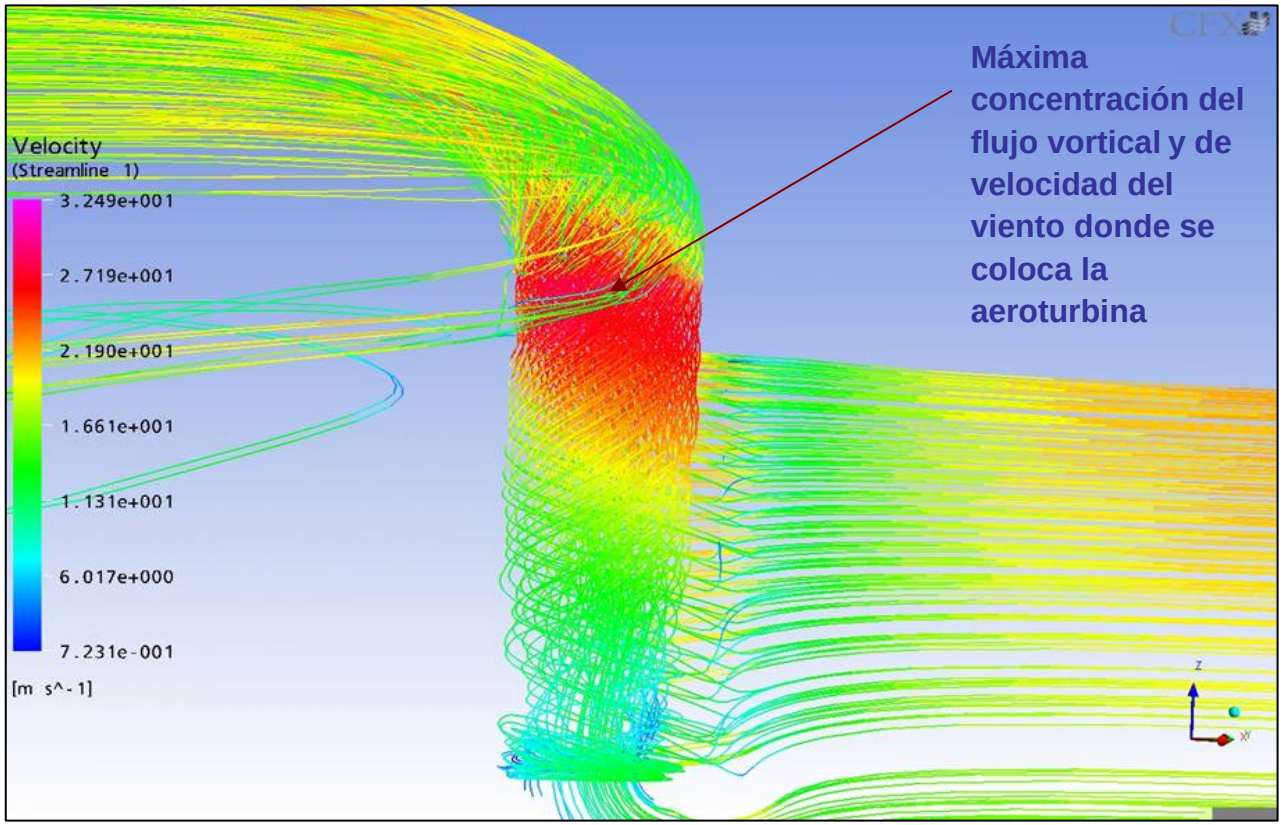
El GCC tendrá varios cientos de metros de altura



Fuente: TMS

Las simulaciones en 3D muestran cómo el GCC capta, integra y concentra el viento exterior, luego aprovecha “solo” la energía cinética del viento, pero se añadirá la bárica de compresión y la convectiva.

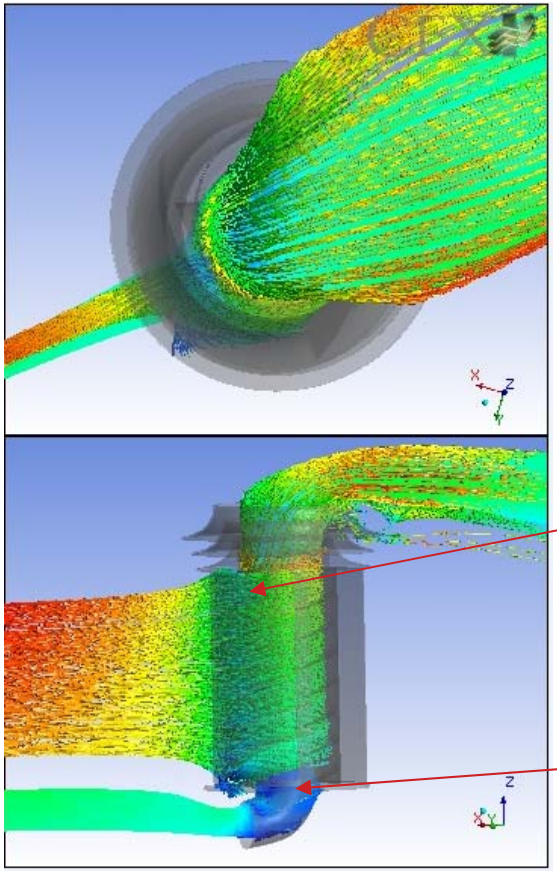
Detalle de velocidades del viento al circular por el GCC (Simulación en 3D)



Fuente: TMS

El GCC crea un vórtice artificial con dos flujos distintos de aire, similar a la formación de los ciclones

Secuencias de simulación dinámica en 3D del funcionamiento del GCC



Primer flujo: rotacional girando a gran velocidad

Segundo flujo: Núcleo vortical formado por el anterior

Fuente: TMS

- El GCC reproduce un vortice de modo artificial
  - El flujo de viento horizontal es acelerado por la forma de los convectores convergentes (debido a la reducción de la sección de entrada)
  - La forma de los álabes y el obturador obligan al viento a rotar en su interior
  - Este flujo del viento genera otro en su interior por el efecto vortical

- Al crearse el vórtice, se producen dos flujos de viento generadores de energía

Flujo primario

- La energía cinética del viento exterior se integra, concentra y acelera al rotar en el interior.

Flujo secundario

- Se genera por el flujo primario exterior
- Además, a través de este flujo se podría aprovechar la energía potencial y térmica convectiva por diferencias de presión y temperatura.

Agenda

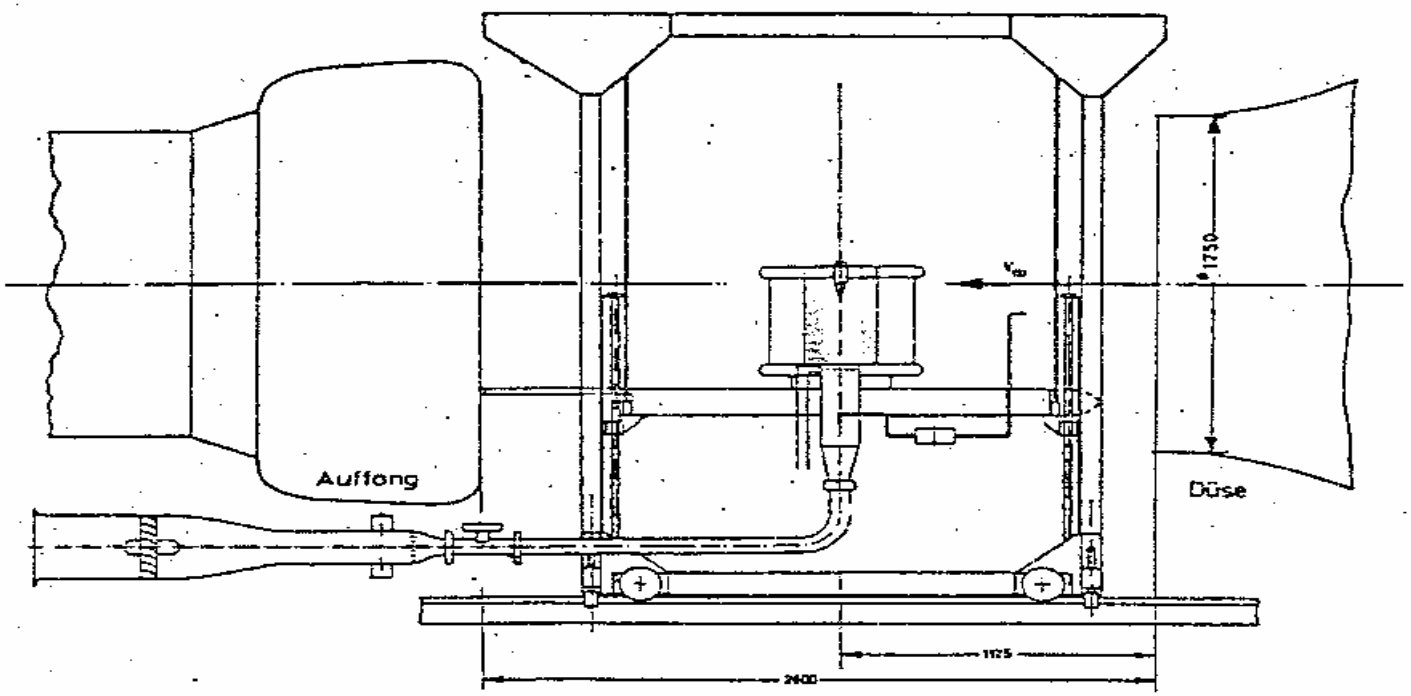
- Convertidores vorticales.
- ¿Qué es un Generador de Conversión Ciclónica (GCC)?
- **Primera investigación científica.**
- Primeras simulaciones y validaciones en la Universidad de Zaragoza.
- Nuevos desarrollos a través de simulaciones
- ¿Por qué un parque ciclónico y no energía eólica tradicional?
- Minimización de riesgos

El proyecto empezó hace más de 30 años gracias a las investigaciones del Dr. Zapata, a partir de unos modelos matemáticos bidimensionales previos.

	Universidad de Stuttgart	Universidad de Munich / Wüzburg
Año	1980 - 1982	1980 - 1981
Estudios realizados	• Estudios en túnel de viento con mas de 100 modelos a escala reducida durante 2 años • Se usaron modelos básicos (sin deflectores)	• Estudios en túnel de viento de los modelos básicos con deflectores • Análisis teóricos
Conclusiones	• El flujo de aire horizontal se transforma en un flujo vortical ascendente dentro del GCC • Parámetros óptimos del GCC • El fenómeno opera para distintas condiciones de viento	• El uso de pantallas (o deflectores) en la parte superior del GCC mejora su rendimiento ya que permite una mayor caída de presión en el núcleo vortical

Fuente: TMS y "Untersuchungen von Windenergi-konvertern nach dem Zyklon-Prinzip (system zapata) im Windkanal" - Intitut fur Aerdynamik und Gasdynamik - Unversitat Stuttgart.

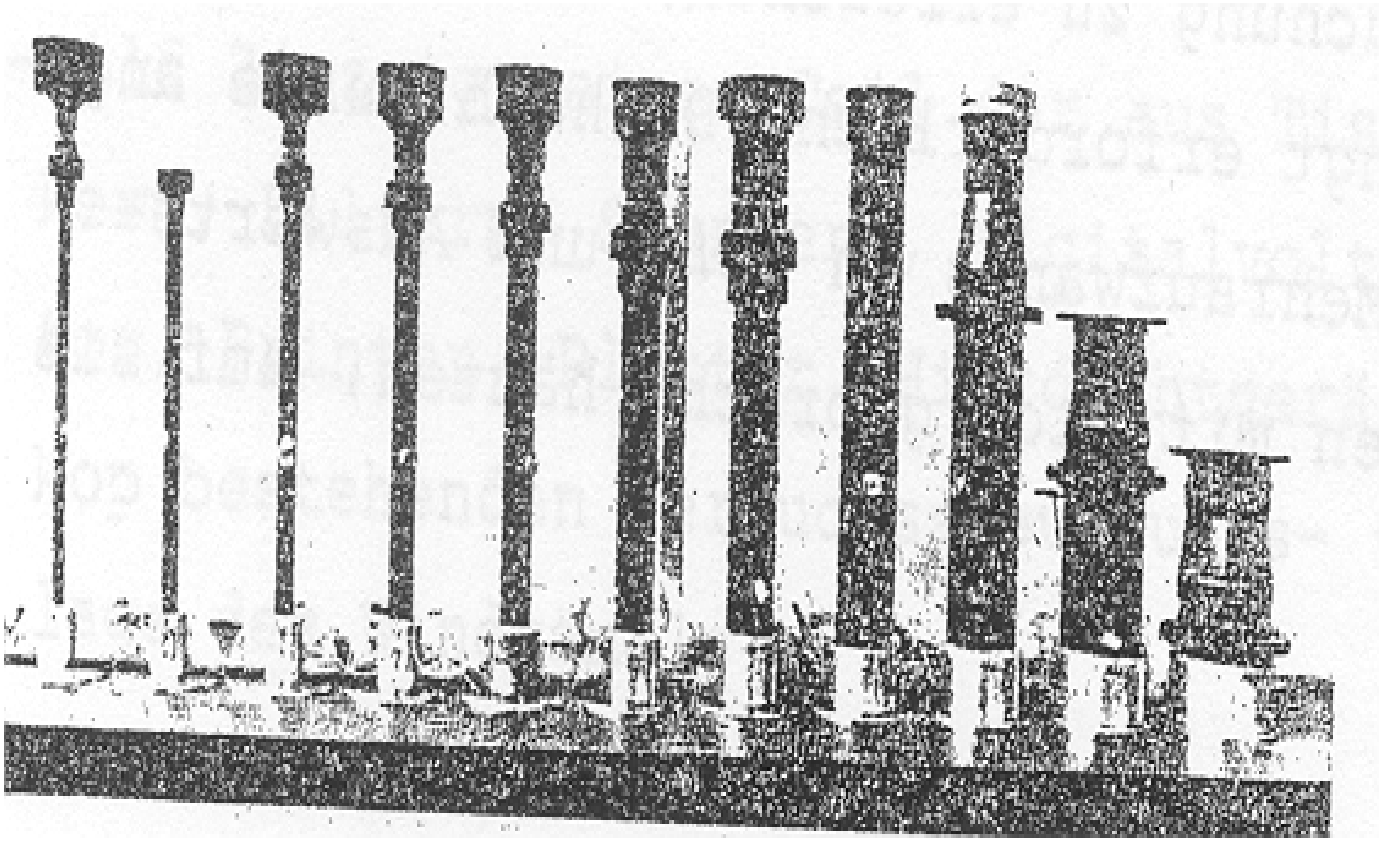
En el túnel de viento útilizado por la Universidad de Stuttgart se logró reproducir el fenómeno vortical. En dos años de experimentación, se sentaron las bases científicas del proyecto.



TUNEL DE VIENTO UTILIZADO (1750 mm)

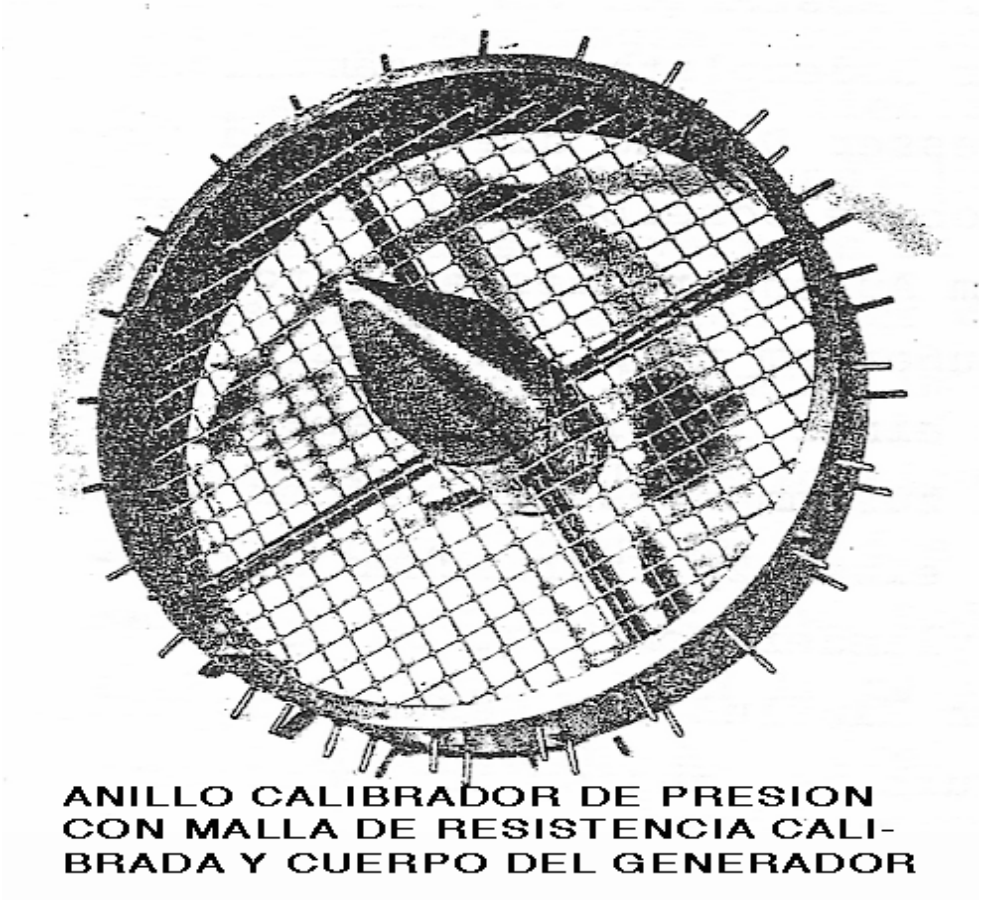
Fuente: TMS y "Untersuchungen von Windenergi-konvertern nach dem Zyklon-Prinzip (system zapata) im Windkanal" - Intitut fur Aerdynamik und Gasdynamik - Unversitat Stuttgart.

Universidad de Stuttgart : Distintos adaptadores para la optimización de la captación por el núcleo vortical.



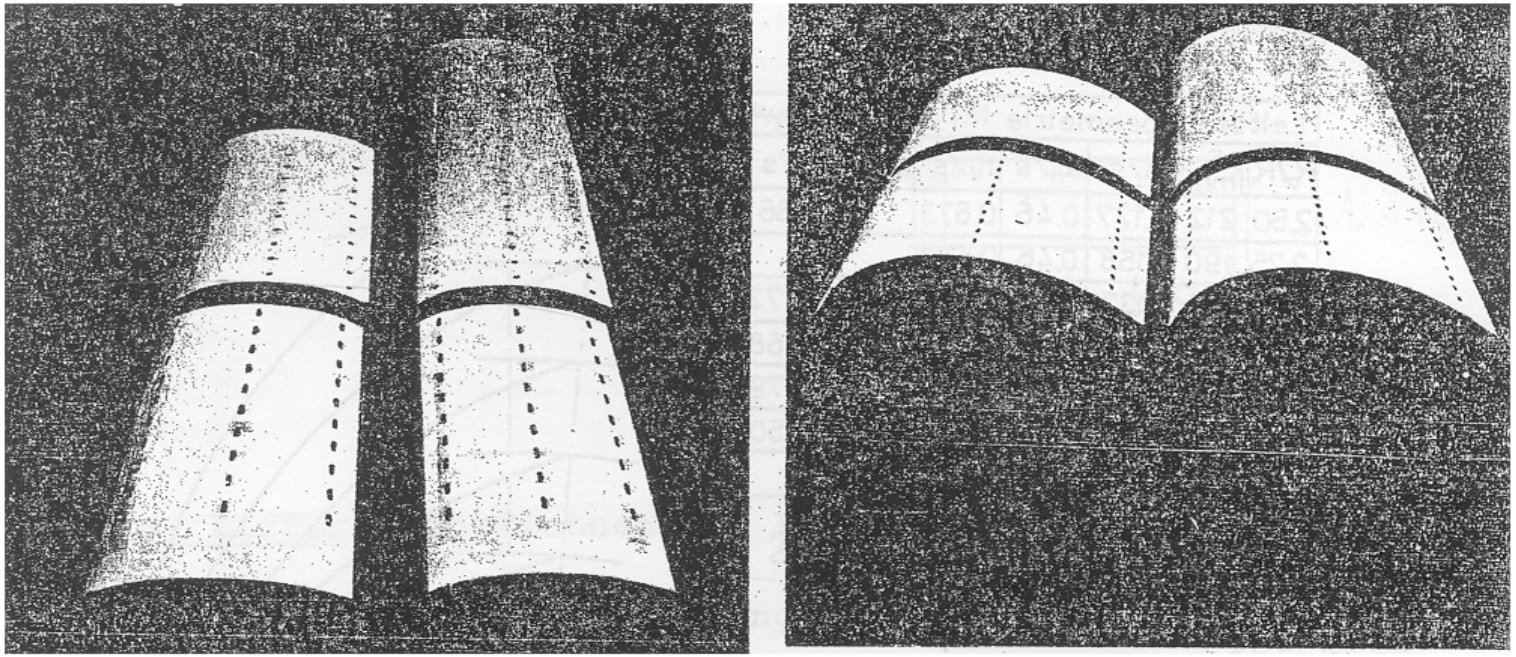
Fuente: TMS y "Untersuchungen von Windenergi-konvertern nach dem Zyklon-Prinzip (system zapata) im Windkanal" - Intitut fur Aerdynamik und Gasdynamik - Unversitat Stuttgart.

Universidad de Stuttgart: Simulador de resistencia del cuerpo de la turbina y palas utilizaras en el túnel de viento con mallas calibradas.



Fuente: TMS y "Untersuchungen von Windenergi-konvertern nach dem Zyklon-Prinzip (system zapata) im Windkanal" - Intitut fur Aerdynamik und Gasdynamik - Unversitat Stuttgart.

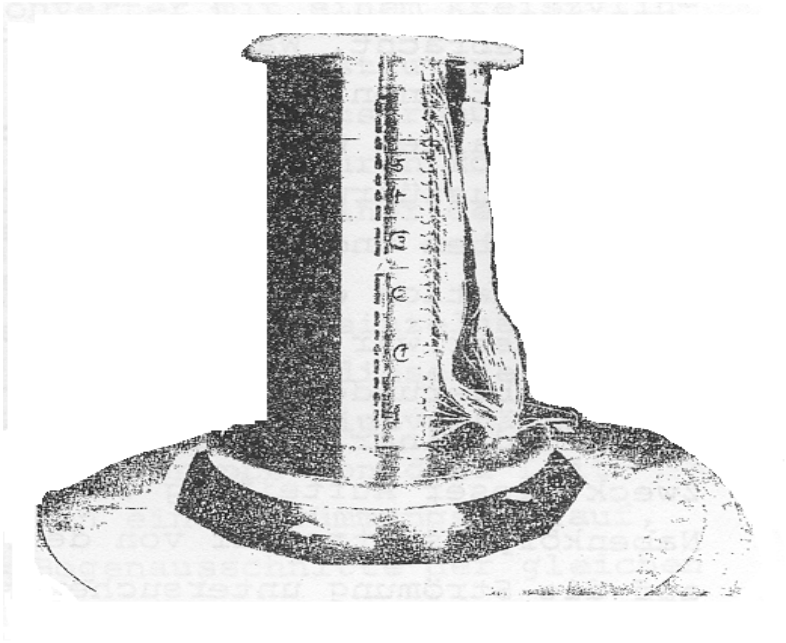
Universidad de Stuttgart: Diseño de diferentes álabes utilizados



DIFERENTES PANTALLAS PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE CC

Fuente: TMS y "Untersuchungen von Windenergi-konvertern nach dem Zyklon-Prinzip (system zapata) im Windkanal" - Intitut fur Aerdynamik und Gasdynamik - Unversitat Stuttgart.

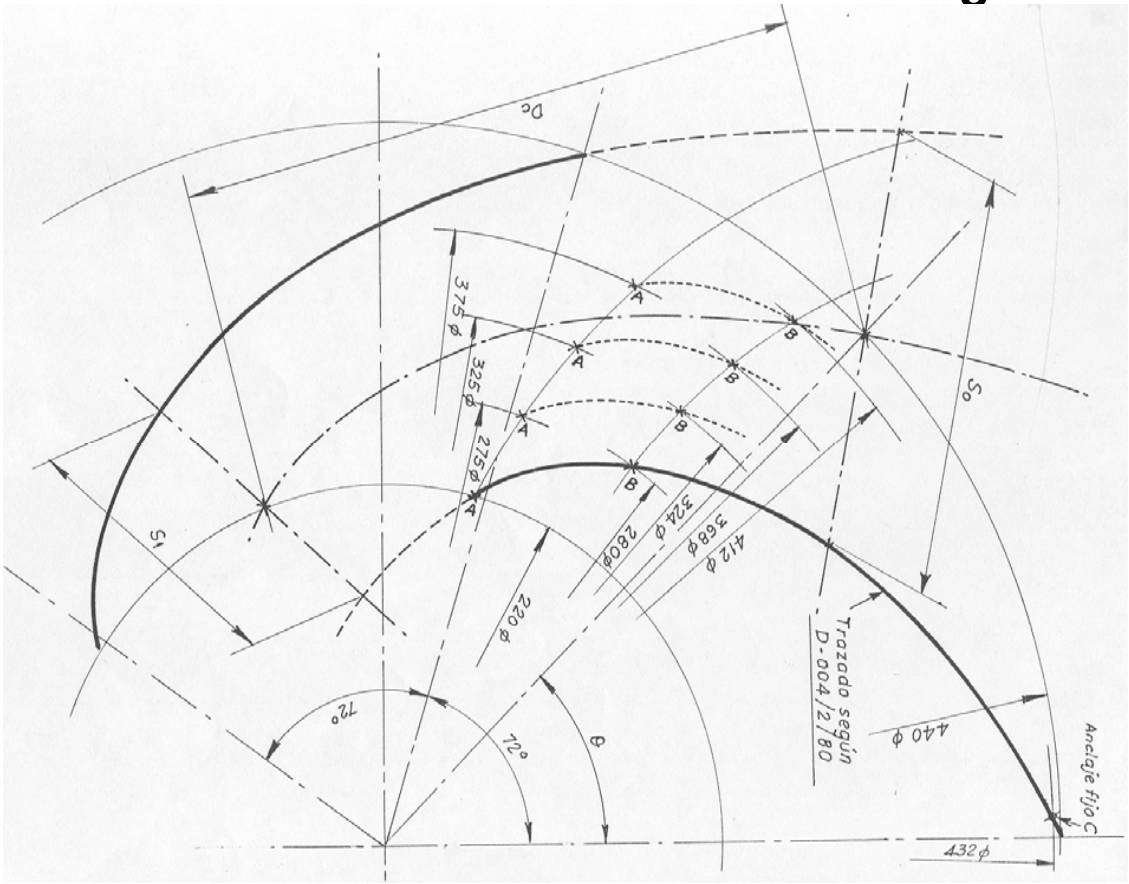
Universidad de Stuttgart: Sistema utilizado para la medición de presiones o depresiones a lo largo del alabe



SIMULADOR DEL OBTURADOR DEL CONDUCTO VORTICAL CON INCLUSION DE TOBERAS CALIBRADAS Y CONEXIONES CAPILARES A LOS TRADUCTORES DEL ESCANER DEL ORDENADOR.

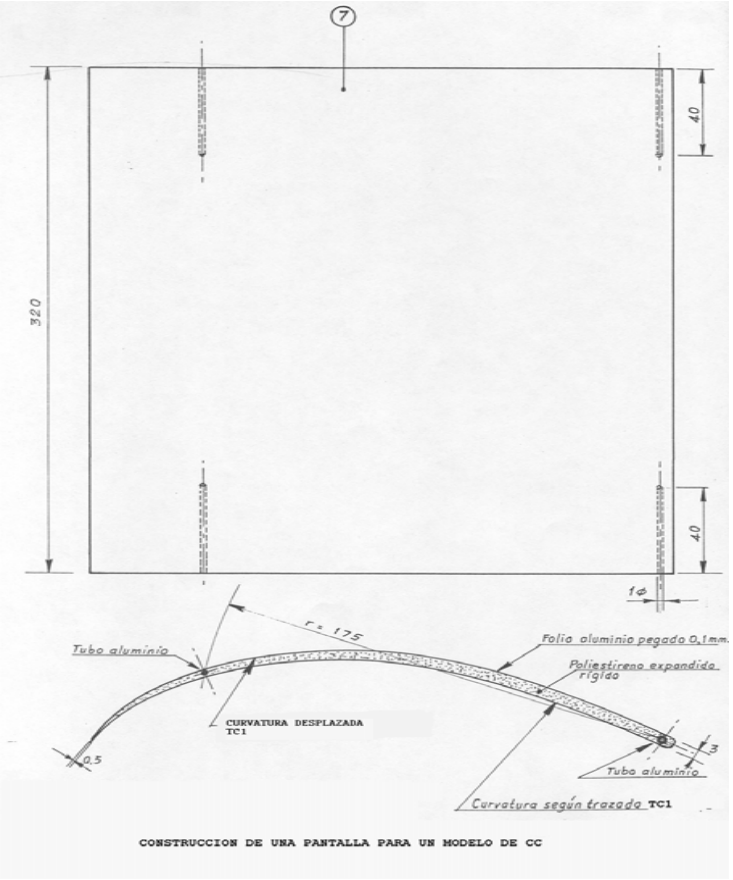
Fuente: TMS y "Untersuchungen von Windenergi-konvertern nach dem Zyklon-Prinzip (system zapata) im Windkanal" - Intitut fur Aerdynamik und Gasdynamik - Unversitat Stuttgart.

Universidad de Stuttgart: Definición del trazado de los álabes que conforman los convectores convergentes



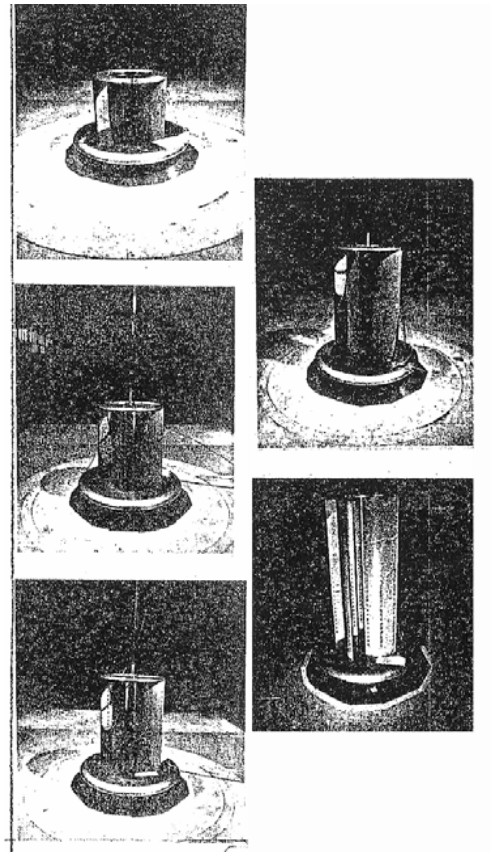
Fuente: TMS y "Untersuchungen von Windenergi-konvertern nach dem Zyklon-Prinzip (system zapata) im Windkanal" - Intitut fur Aerdynamik und Gasdynamik - Unversitat Stuttgart.

Universidad de Stuttgart: Detalle de construcción de un álabe para un ensayo



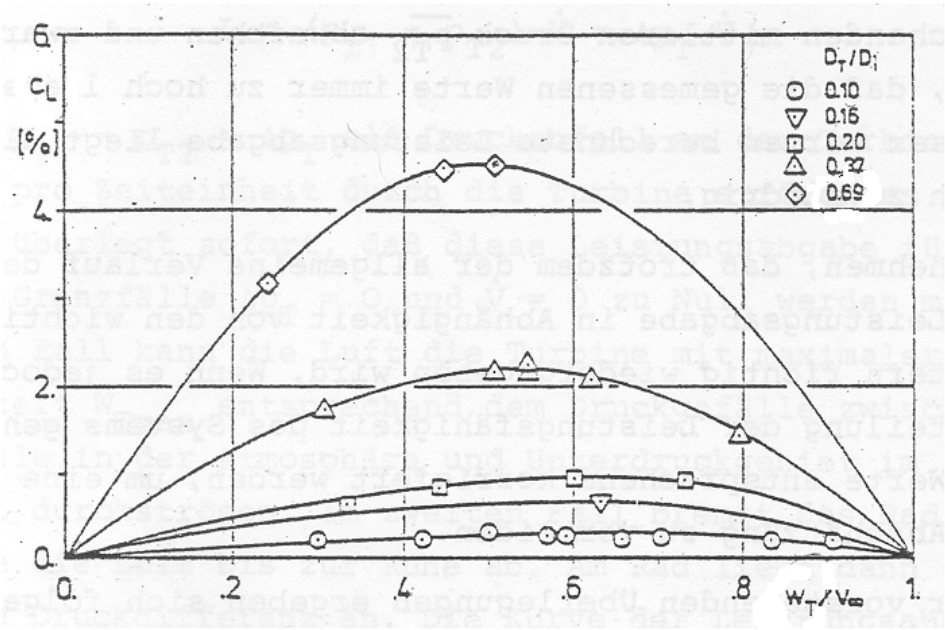
Fuente: TMS y "Untersuchungen von Windenergi-konvertern nach dem Zyklon-Prinzip (system zapata) im Windkanal" - Intitut fur Aerdynamik und Gasdynamik - Unversitat Stuttgart.

Universidad de Stuttgart: Distintos modelos reducidos, con distinta relación altura útil/diámetro exterior.



Fuente: TMS y "Untersuchungen von Windenergi-konvertern nach dem Zyklon-Prinzip (system zapata) im Windkanal" - Intitut fur Aerdynamik und Gasdynamik - Unversitat Stuttgart.

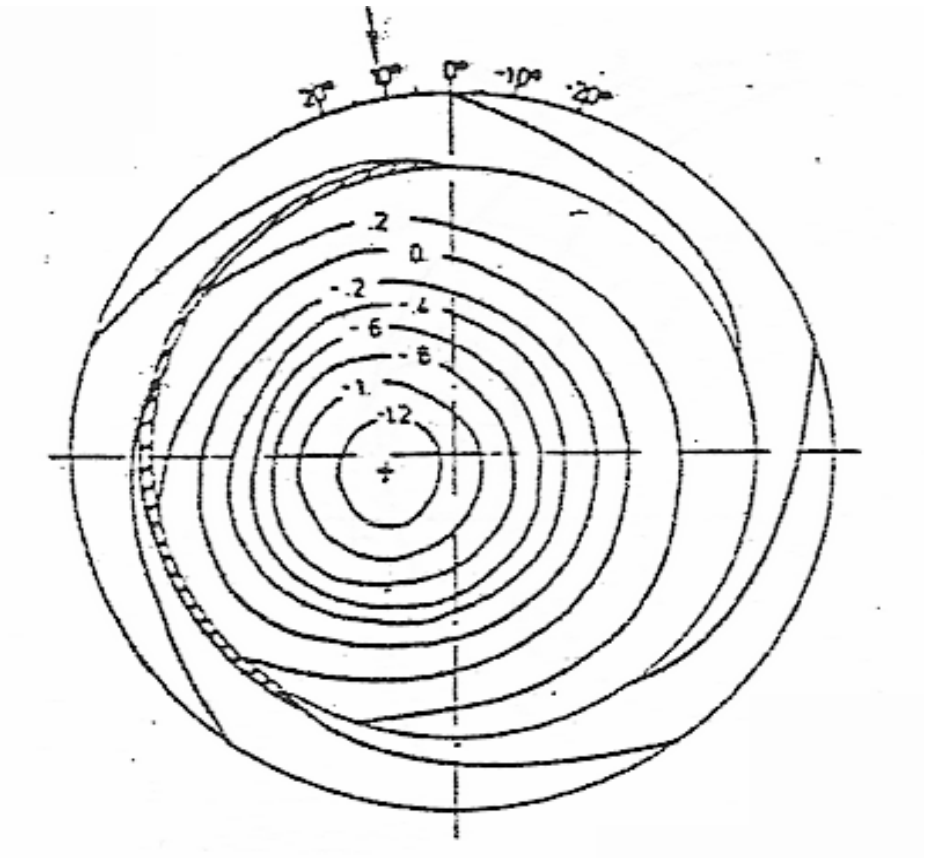
Universidad de Stuttgart: Se comprueba experimentalmente que la inversa de “raíz de 2” en la relación optima entre diámetro interior y diámetro del núcleo vortical (como ya había previsto el Dr. Zapata)



DIFERENTES RENDIMIENTOS Cl PARA DIFERENTES RELACIONES DIAMETRO TURBINA DIAMETRO INTERIOR

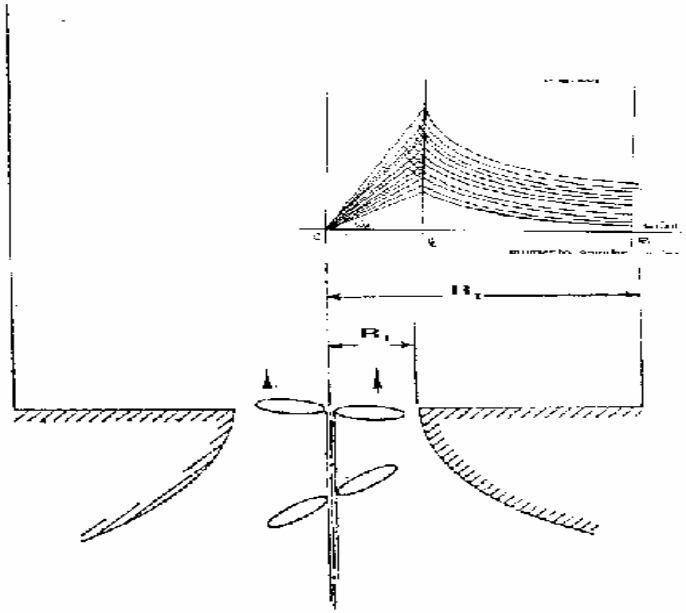
Fuente: TMS y “Untersuchungen von Windenergi-konvertern nach dem Zyklon-Prinzip (system zapata) im Windkanal“ - Intitut fur Aerdynamik und Gasdynamik - Unversitat Stuttgart.

Universidad de Stuttgart: Determinación de las curvas isóbaras de depresión producidas por el vórtice:



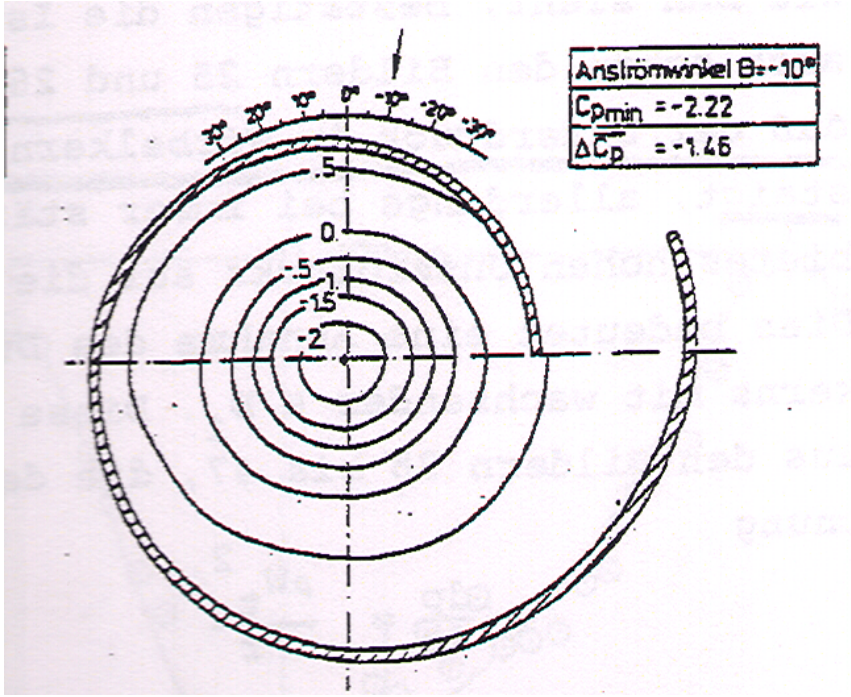
Fuente: TMS y "Untersuchungen von Windenergi-konvertern nach dem Zyklon-Prinzip (system zapata) im Windkanal" - Intitut fur Aerdynamik und Gasdynamik - Unversitat Stuttgart.

Universidad de Stuttgart: Demostración experimental de la independencia de los flujos primario y núcleo vortical.



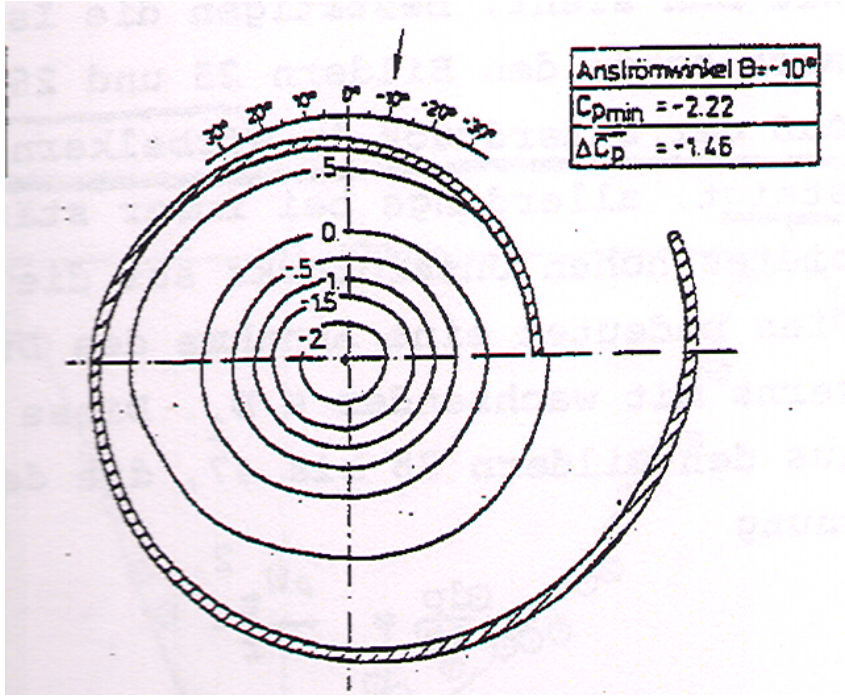
Fuente: TMS y "Untersuchungen von Windenergi-konvertern nach dem Zyklon-Prinzip (system zapata) im Windkanal" - Intitut fur Aerdynamik und Gasdynamik - Unversitat Stuttgart.

Universidad de Stuttgart: Comprobación de la Equivalencia entre los modelos Ringleb y GCC.



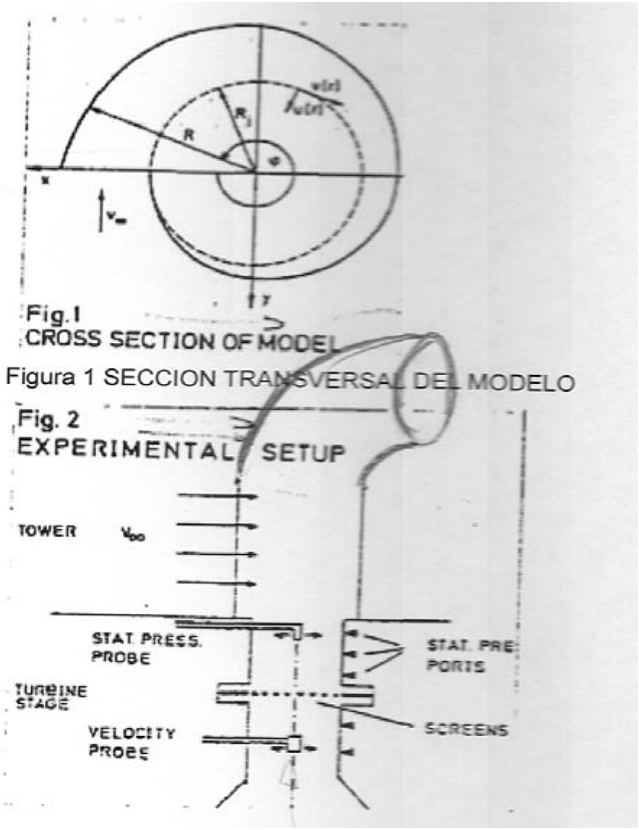
Fuente: TMS y "Untersuchungen von Windenergi-konvertern nach dem Zyklon-Prinzip (system zapata) im Windkanal" - Intitut fur Aerdynamik und Gasdynamik - Unversitat Stuttgart.

Universidad de Stuttgart: Comprobación de la Equivalencia entre los modelos Ringleb y GCC.



Fuente: TMS y "Untersuchungen von Windenergi-konvertern nach dem Zyklon-Prinzip (system zapata) im Windkanal" - Intitut fur Aerdynamik und Gasdynamik - Unversitat Stuttgart.

Universidad de Munich: Incremento de la depresión al proteger la salida del vórtice creado, con un deflector en forma de codo.



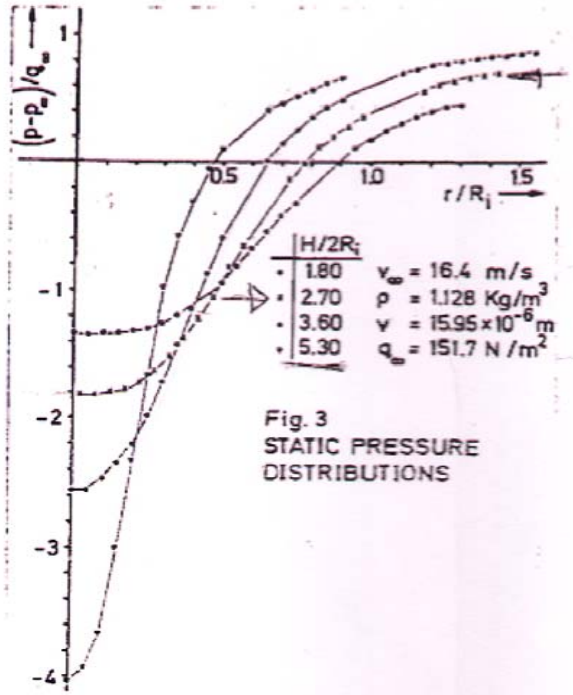


Figura 3
DISTRIBUCIONES DE LA PRESIÓN ESTÁTICA

Fuente: TMS y "Untersuchungen von Windenergi-konvertern nach dem Zyklon-Prinzip (system zapata) im Windkanal" - Intitut fur Aerdynamik und Gasdynamik - Unversitat Stuttgart.

A pesar de las imprecisiones iniciales, las investigaciones del Dr. Zapata fueron determinantes en varios puntos fundamentales del proyecto:

- **Definición del número de convectores.**
- **Definición de los radios de curvatura de los álabes.**
- **Ángulos de ataque de entrada y salida de los álabes.**
- **Ángulos de superposición de los álabes.**
- **Relación de diámetros del GCC**
- **Relación de diámetros a la altura útil del GCC.**
- **Definición del número de convectores a obturar.**
- **Medición y estudio de las curvas isobaras de depresión en el interior del GCC.**
- **Medición y estudio de caudales, distribución de flujos, etc.,**
- **Orientación preferente de la Torre de acuerdo con los vientos predominantes.**
- **Estudio de la continuidad de fenómeno vortical.**
- **Definición del comportamiento del vórtice, de los flujos primario y secundario.**
- **Radio de equilibrio entre ambos flujos.**
- **Equivalencia del modelo Ringleb y GCC en cuanto a formación del vórtice.**
- **El incremento del rendimiento utilizando deflectores para evitar la cortadura del vórtice..**

Fuente: TMS y "Untersuchungen von Windenergi-konvertern nach dem Zyklon-Prinzip (system zapata) im Windkanal" - Intitut fur Aerdynamik und Gasdynamik - Unversitat Stuttgart.

Agenda

- Convertidores vorticales.
- ¿Qué es un Generador de Conversión Ciclónica (GCC)?
- Primera investigación científica.
- **Primeras simulaciones y validaciones en la Universidad de Zaragoza.**
- Nuevos desarrollos a través de simulaciones
- ¿Por qué un parque ciclónico y no energía eólica tradicional?
- Minimización de riesgos

La tecnología está protegida con patentes de TMS en todo el mundo, válidas para los próximos 12 años. Con las últimas investigaciones se harán nuevas patentes.

Relación de patentes actuales sobre el GCC

Pais	Descripción	Presentación	Concedida	Con número	Valida hasta
España	Patente de Invención: Torre de Conversión Ciclónica o Anticiclónica	20/05/1999	30/09/2003	9901093	19/05/2020
Munich (Alemania)	Patente PCT internacional ES00/00184 Considerada novedosa y de aplicación industrial	19/05/2000	01/09/2003	00927258.4	18/05/2021
EE.UU	Patente de Invención: Concedida en sus 27 apartados	16/11/2001	08/07/2003	6590300	16/11/2021
EUROPA	Válida en los siguientes paises: Alemania, Francia, Italia, Reino Unido, Bélgica, Holanda, Austria, Suiza / Liechtenstein, Dinamarca, Finlandia, Grecia, Irlanda, Suecia, Luxemburgo, Portugal, Mónaco y Chipre	19/05/2000	01/09/2003	1180597	19/05/2021
MARRUECOS	Patente de Invención:	19/05/2000	31/12/2001	25360	19/05/2021
AUSTRALIA	Patente de Invención:	19/05/2000	04/12/2003	768193	19/05/2021
MÉXICO	Patente de Invención:	19/05/2000	01/12/2004	224777	19/05/2021
CANADA	En trámite de concesión **concedida**	20/11/2001	**27/09/2007**	**2.374.584**	**19/05/2021**
BRASIL	En trámite de concesión **concedida**	20/11/2001	**18/11/2008**	**11.594-0**	**19/05/2021**

Fuente: TMS

En el año 2005 se encarga a Análisis-DSC (con Ansys CFX 10.0) y en paralelo a la Universidad de Zaragoza (con Fluent 6.0) la simulación en 3D computarizada a escala natural del modelo de TMS. Los resultados son coincidentes a los de TMS.

El mejor software disponible

- El software ANSYS CFX 10.0, el más avanzado del mundo para simulaciones en fluidodinámica y termodinámica
- Software capaz de reproducir la realidad con gran fidelidad a escala natural
- Requieren el uso de ordenadores de gran potencia
- Software es usado en la industria, sobre todo por fabricantes de aviones y la industria nuclear para mejorar la morfología de nuevos desarrollos

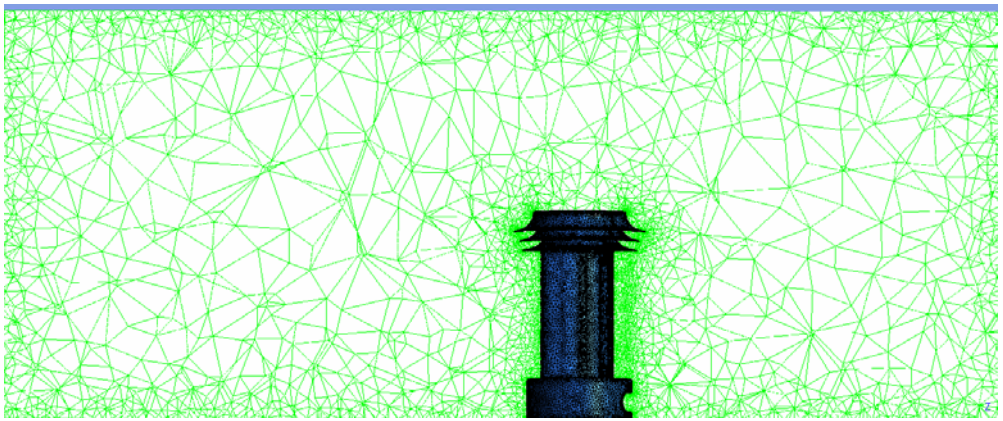
Uso del software

- Objetivo: La optimización de la estructura básica así como de los elementos que lo componen para obtener la máxima potencia:
  - CONVECTORES
  - OBTURADORES
  - DIFUSOR DEFLECTOR
  - ENTRADA POR LA BASE
- Se construye un túnel de viento virtual de 850 X 500 X 400 metros de modo que es posible ubicar en su interior un GCC de tamaño real con todos los condicionantes ambientales

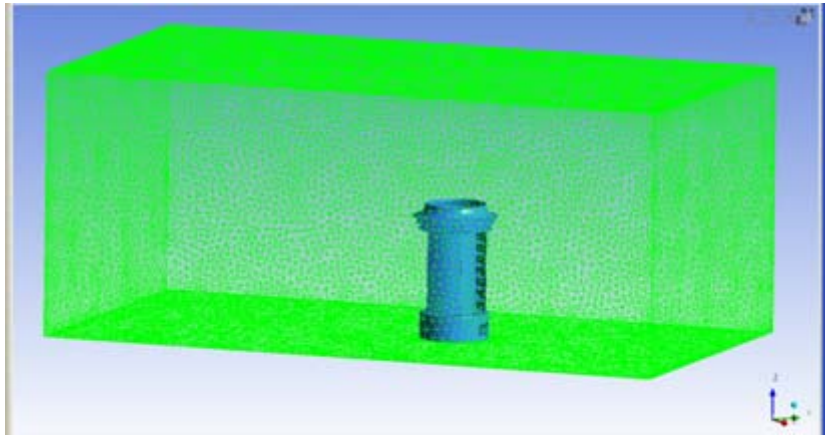
Fuente: TMS

Con las siguientes características de malla:

- **MALLADO:**
  - **TETRAHEDRICO**
  - **ADAPTADO**
  - **NODOS: 450,000 APROX**
  - **ELEMENTOS: 2,000,000 APROX.**



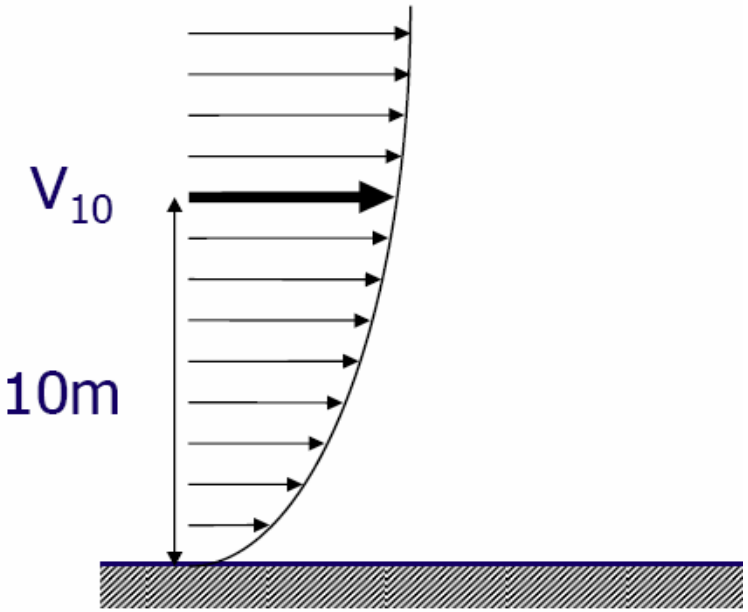
- **ENTORNO:**
  - **850X500X400 para modelos de unos 150m de altura.**
  - **1275x750x600 para modelos de unos 250m de altura.**



Fuente: TMS

La representación de la velocidad de entrada:

Nivel de turbulencia: 5-10%



- $V(z)/V_{10}=(z/10)^{1/7}$

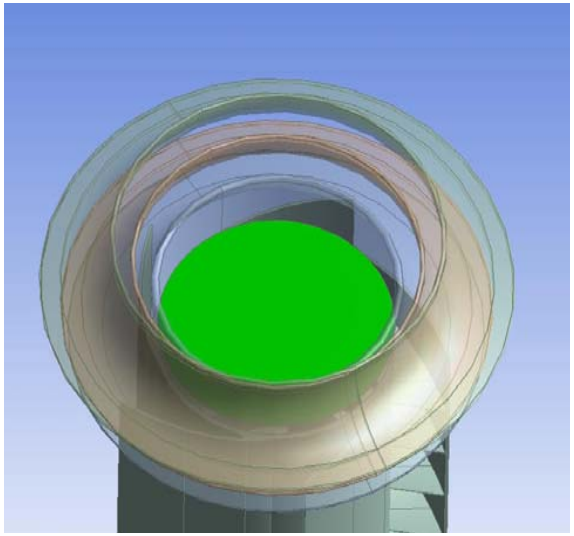
Y con condiciones de entorno:

- **Presión: 1 atm**
- **Temperatura exterior: 25º C**
- **Isotérmico.**
- **Régimen exclusivamente eólico.**
- **Solución estacionaria.**
- **Densidad del aire: 1,185 Kg/m3**

Fuente: TMS

La Universidad de Zaragoza determinó el método para el cálculo de la máxima potencia extraíble:

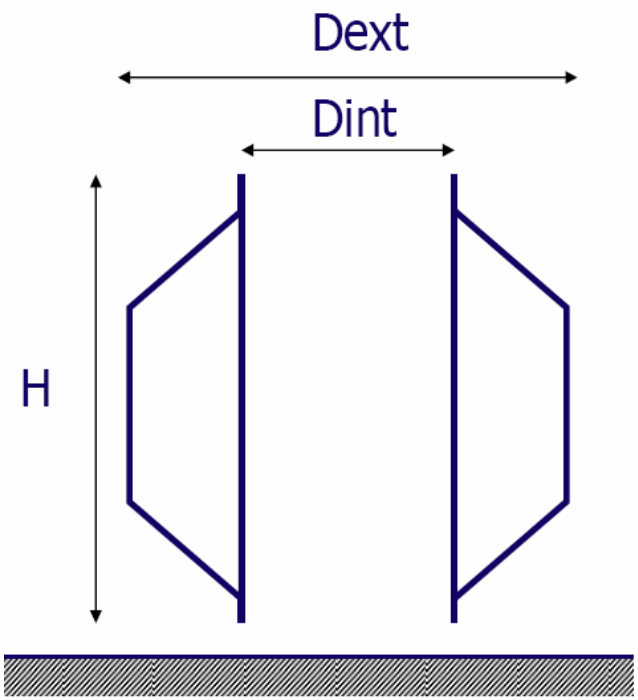
- **Para simular la aeroturbina de modo sencillo, se restringe el paso del flujo mediante una pastilla de resistencia. A mayor resistencia, menor caudal y más elevado el delta de presión.**
- **Básicamente es un generador de presión**
- **$W = \Delta P \times Q$**
- **Aplicando un factor de resistencia lineal en toda la pastilla. (Kg / m3 s)**



Fuente: TMS

Midiendo para cada modelo eficiencias al cambiar los parámetros geométricos:

MEDIDAS BASICAS

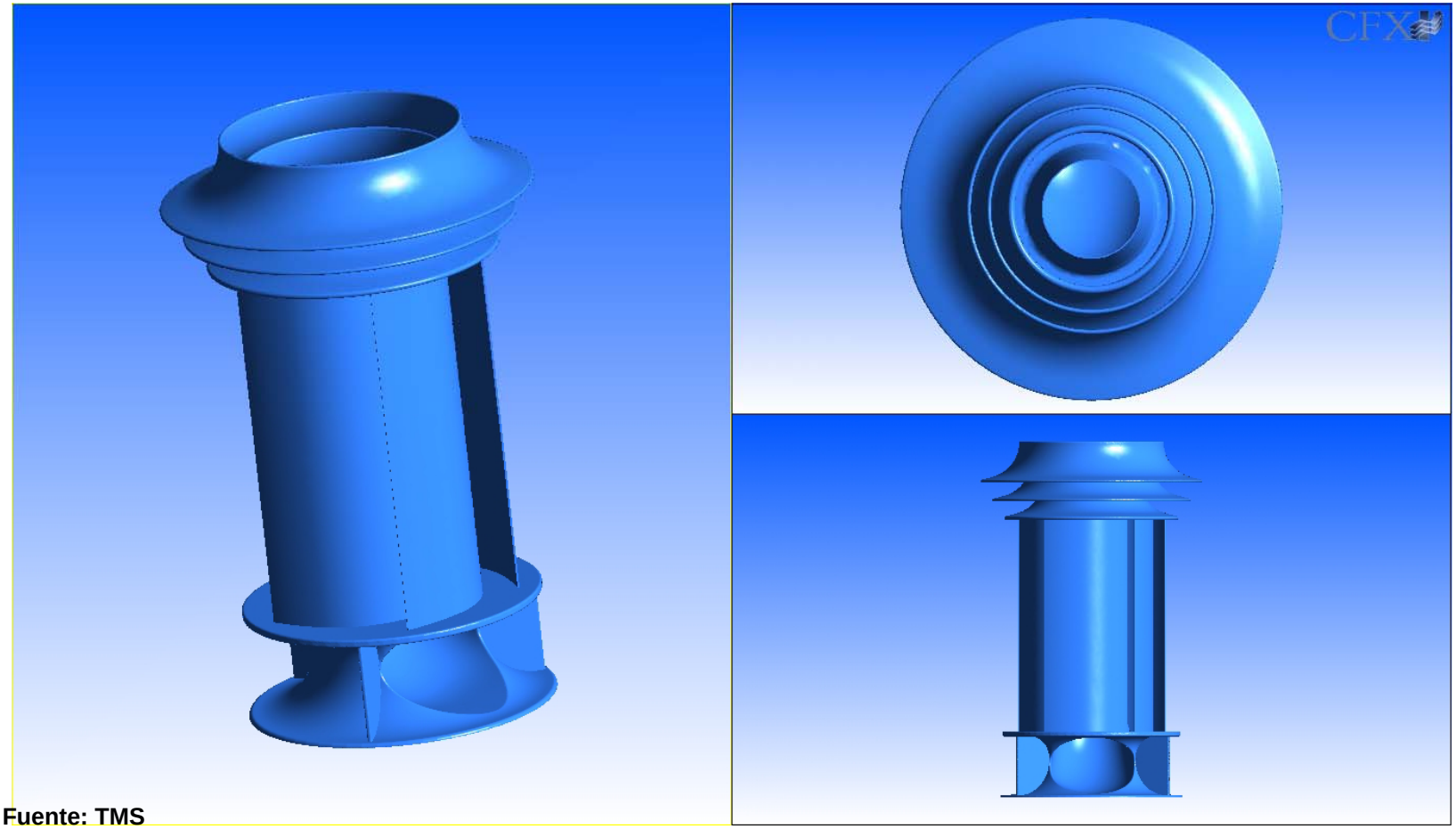


- **ALTURA útil**
- **DIAMETRO EXTERIOR**
- **DIAMETRO INTERIOR**
- **DIÁMETRO INTERIOR EN LA BASE**

- **DIFUSOR DEFLECTOR. CONVERGENCIA Y NUMERO.**
- **CAPTADOR DE LA BASE DEL NUCLEO VORTICAL.**

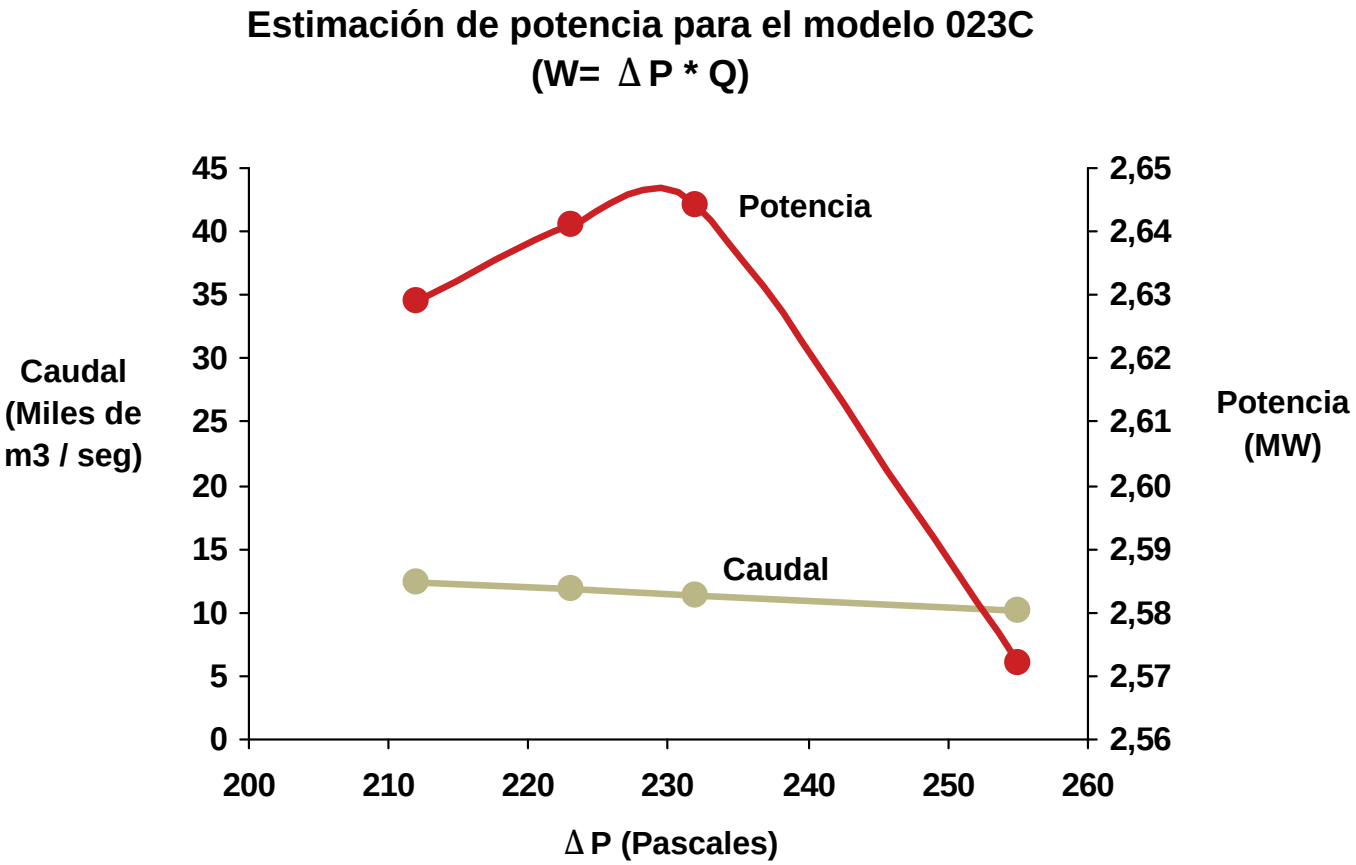
Fuente: TMS

Modelo:023C
Altura útil: 90 Diam. Ext.:65 Diam. Int.:43 Capt. Base:30



Fuente: TMS

Modelo:023C
Altura útil: 90 Diam. Ext.: 65 Diam. Int.:43 Capt. Base:30



Fuente: TMS

- Modificaciones:
  - DD1 Con tobera convergente 43/38
  - Convectores 65/43
  - Tobera Base: 30/24/20
  - Base Elíptica
- Potencia Máxima Extraíble mediante W = ∆P · Q = 2,65MW a 15 m/s a 10 m

Los resultados para estos dos modelos, utilizando métodos de análisis distintos, son coincidentes y válidos para su explotación comercial.

	Autoridad científica	Año de la colaboración	Resultado de los estudios
Universidad de Zaragoza, AMF (Área de mecánica de fluidos)	• Dpto. Ciencia y Tecnología de Materiales y Fluidos (centro mixto entre el CSIC, la Diputación General de Aragón y la Universidad de Zaragoza) • El campo de investigación se extiende Mecánica de Fluidos, incluyendo técnicas experimentales, simulaciones computacionales y analíticas	2006	Resultados similares: Estiman que el resultado final estará comprendido entre el 80% y el 125% de los resultados de TMS
Análisis-DSC.	• Distribuidor oficial de Ansys CFX en España. • También dedicada al desarrollo de productos y procesos mediante simulaciones virtuales por ordenador para la mejora de procesos industriales y de diseño de productos donde la Fluido Dinámica es un factor diferencial y necesario en evaluaciones simuladas	2006	Resultados similares a los obtenidos por TMS y AMF El proceso y la metodología de simulación ratifican los resultados de TMS

Fuente: TMS

Agenda

- Convertidores vorticales.
- ¿Qué es un Generador de Conversión Ciclónica (GCC)?
- Primera investigación científica.
- Primeras simulaciones y validaciones en la Universidad de Zaragoza.
- **Nuevos desarrollos a través de simulaciones**
- ¿Por qué un parque ciclónico y no energía eólica tradicional?
- Minimización de riesgos

A partir de la validación de Zaragoza se realizan más de 400 simulaciones.

- **Con el validado método de cálculo, TMS trabaja directamente con el software mas avanzado y se siguen realizando simulaciones.**

- **Durante más de tres años, un equipo de tres personas de TMS se dedica "a jornada completa" a diseñar y mejorar a partir de los GCCs validados en Zaragoza.**

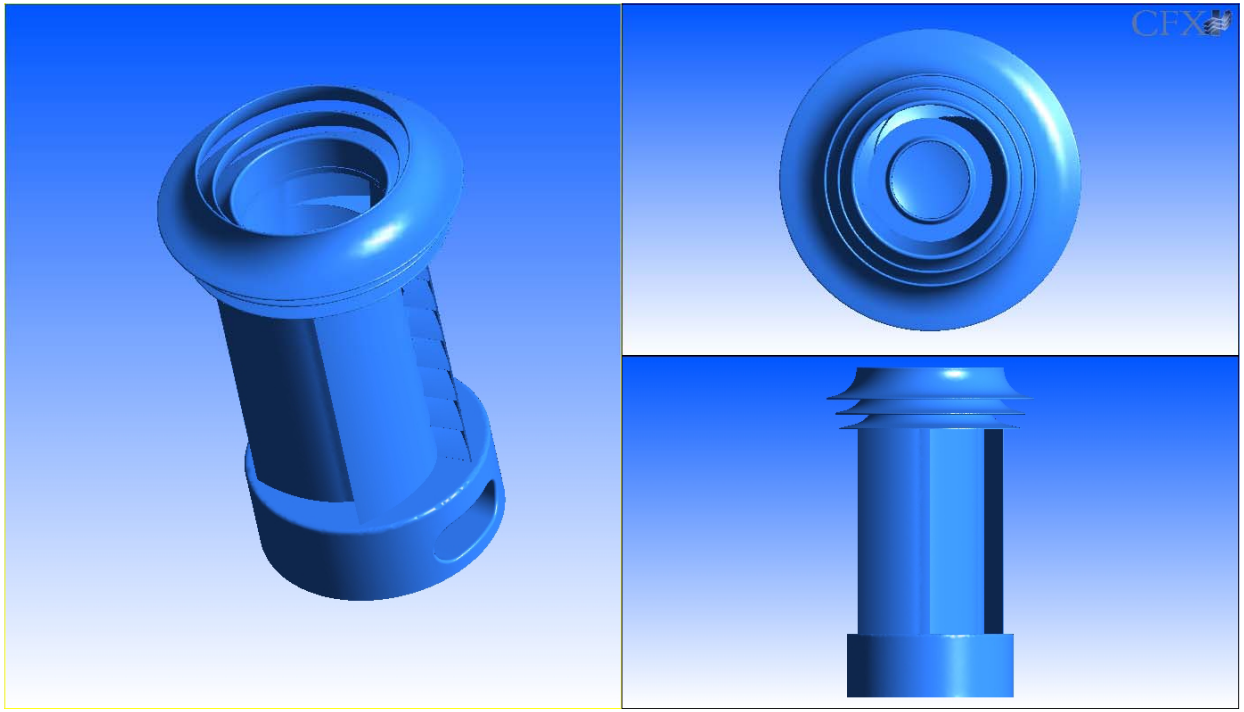
- **Las simulaciones permiten mejorar el diseño del conjunto más rápidamente :**
  - **Facilidad para realizar modificaciones geométricas sobre los modelos.**
  - **Posibilidad de realizar modelos a tamaño "real" sin necesidad de preocuparnos por factores relacionados con la escala.**

- **De todos, estos son los más representativos:**
  - **028B 110/65/46/32**
  - **028B 110/65/46/32 bis**
  - **030 165/97/69/49**
  - **032 110/83/65/32/30/3**
  - **058 base3 EXPANSION + BASE**

Fuente: TMS

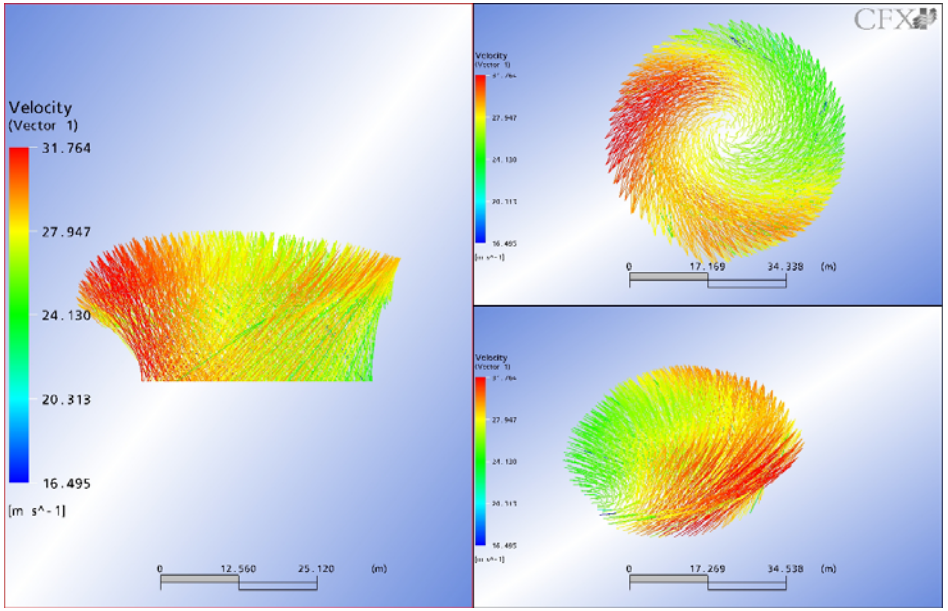
Modelo: 058 – Base3
Altura útil: 110 Diam. Ext.:65 Diam. Int.:46-56 Capt. Base:32-30-3-9

- **Potencia Máxima Extraíble mediante W = Δ P · Q = 5,73 MW a 15 m/s**

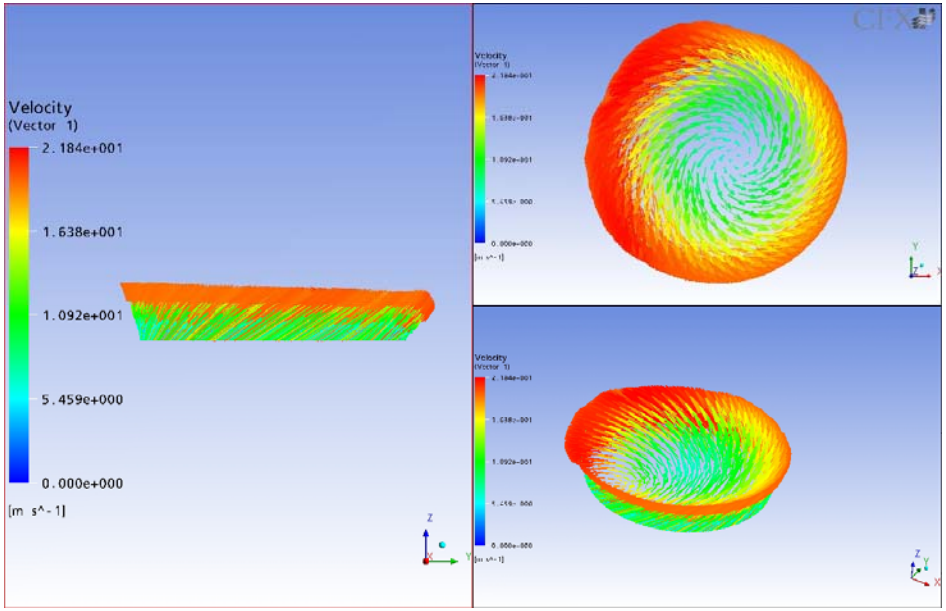


Fuente: TMS

Modelo: 058 – Base3
Altura útil: 110 Diam. Ext.:65 Diam. Int.:46-56 Capt. Base:32-30-3 FLAP: 9



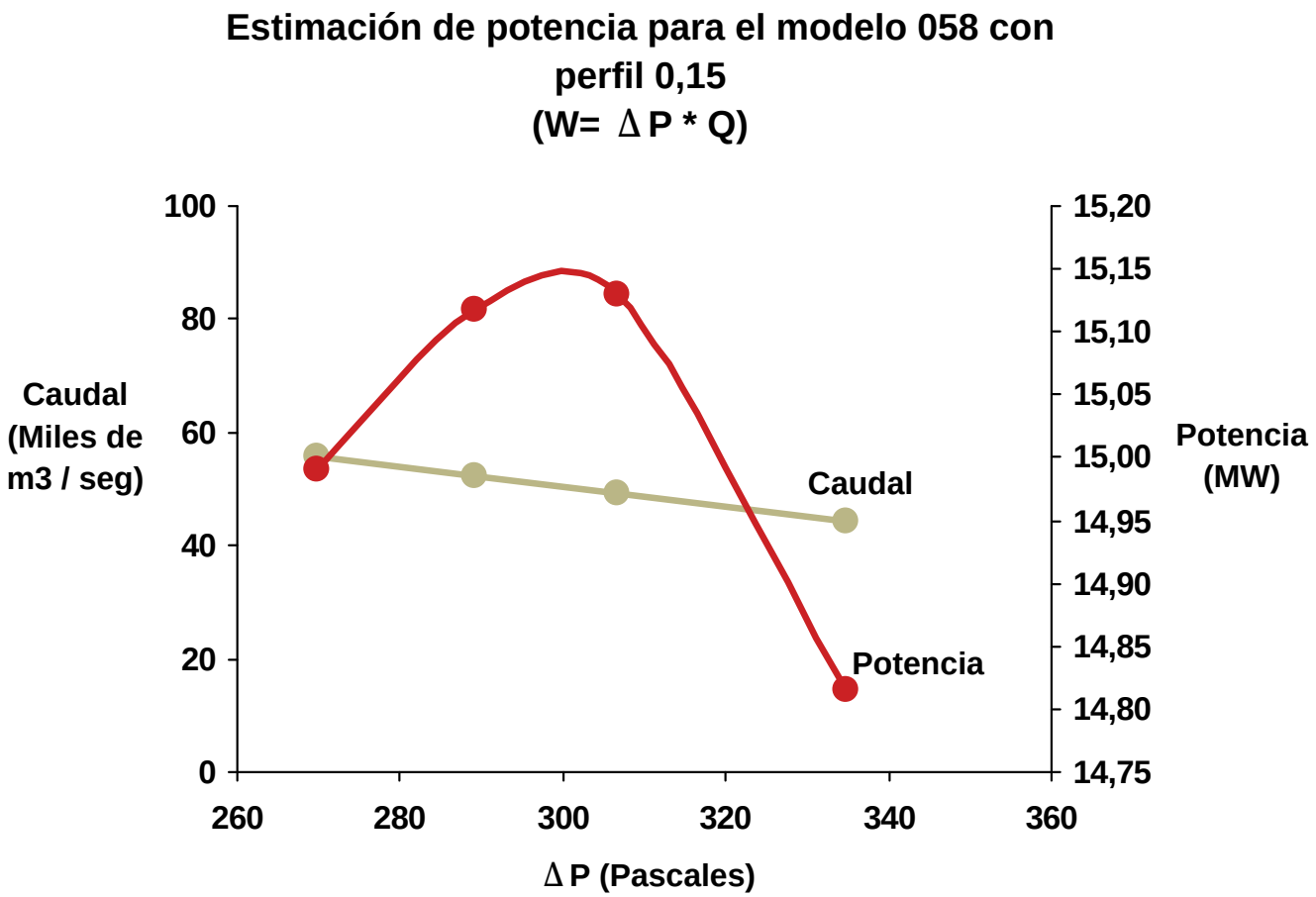
Modelo 23C



Modelo 058B3

Fuente: TMS

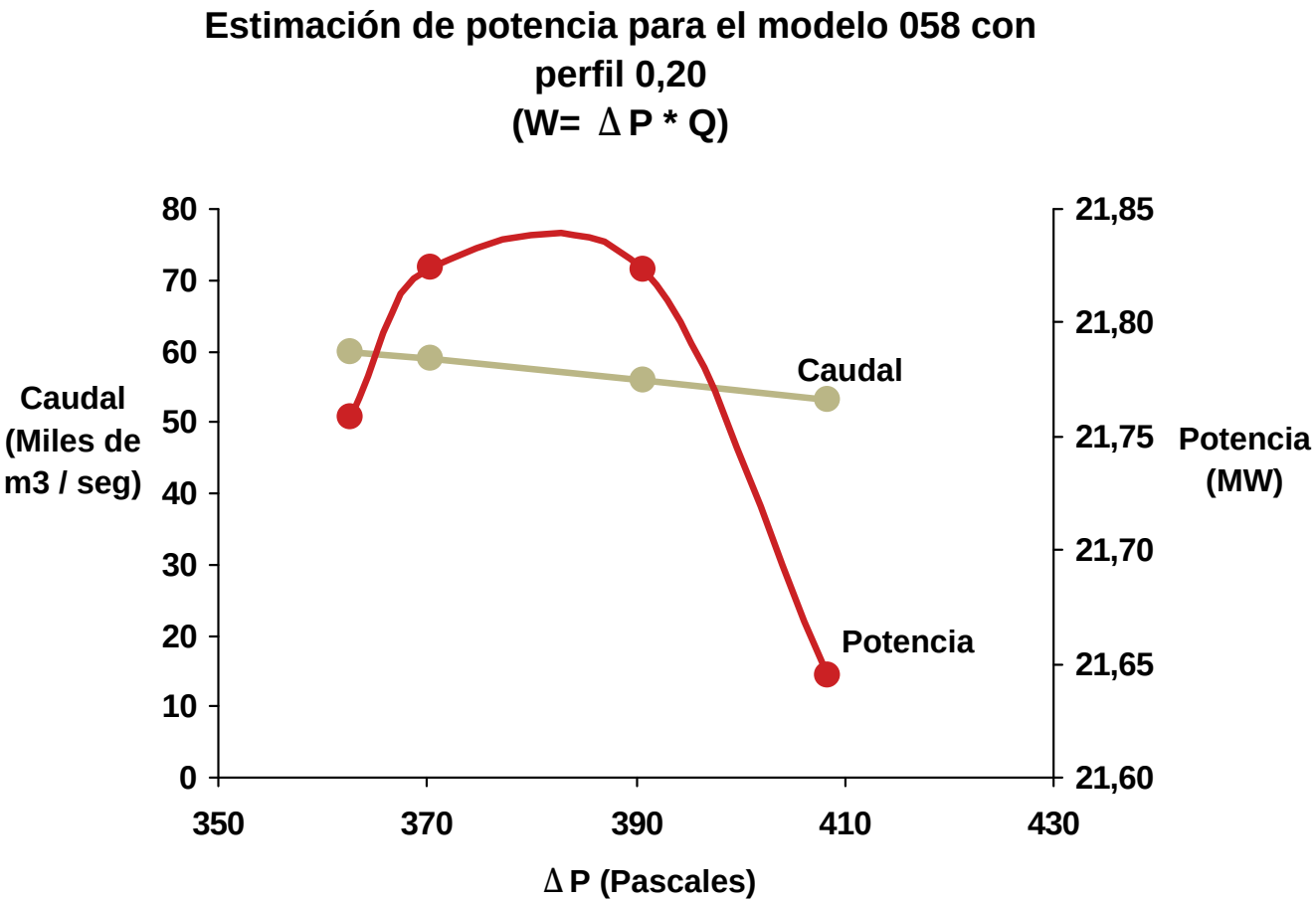
Modelo: 058 – Base3
Altura útil: 165 Diam. Ext.: 97 Diam. Int.: 69-84 Capt. Base: 48-45-4-13,5



Fuente: TMS

- Modificaciones:
  - Incremento de todos los parámetros en un 50%.
- Potencia Maxima Extraible con perfil 0,15, mediante W = ∆ P · Q = 15,15 MW a 15 m/s a 10 m
- Curva de Potencia en base al perfil 0,15

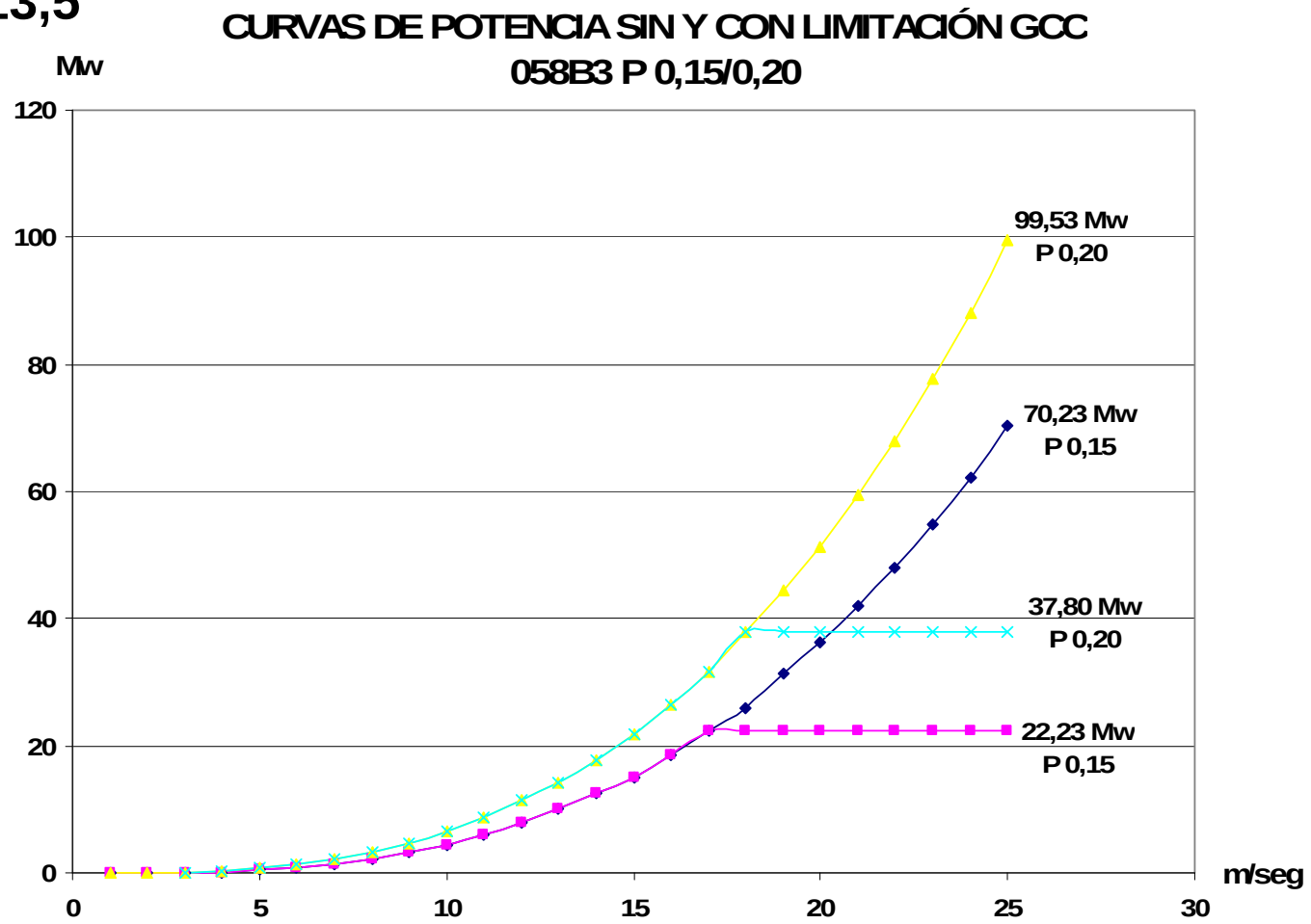
Modelo: 058 – Base3
Altura útil: 165 Diam. Ext.: 97 Diam. Int.: 69-84 Capt. Base: 48-45-4-13,5



Fuente: TMS

- **Modificaciones:**
  - **Incremento de todos los parámetros en un 50%.**
- **Potencia máxima extraíble con perfil 0,20 mediante W = ∆P · Q = 21,84 MW a 15 m/s a 10 m**
- **Curva de Potencia en base al perfil 0,20**

Modelo:058 – Base3
Altura útil: 165 Diam. Ext.:97 Diam. Int.:69-84 Capt. Base:48-45-4
FLAP: 13,5



Fuente: TMS

Agenda

- Convertidores vorticales-
- ¿Qué es un Generador de Conversión Ciclónica (GCC)?
- Primera investigación científica.
- Primeras simulaciones y validaciones en la Universidad de Zaragoza.
- Nuevos desarrollos a través de simulaciones
- **¿Por qué un parque ciclónico y no energía eólica tradicional?**
- Minimización de riesgos

La energía ciclónica es una alternativa a la eólica tradicional en la sustitución de Generadores Eólicos de primera generación.

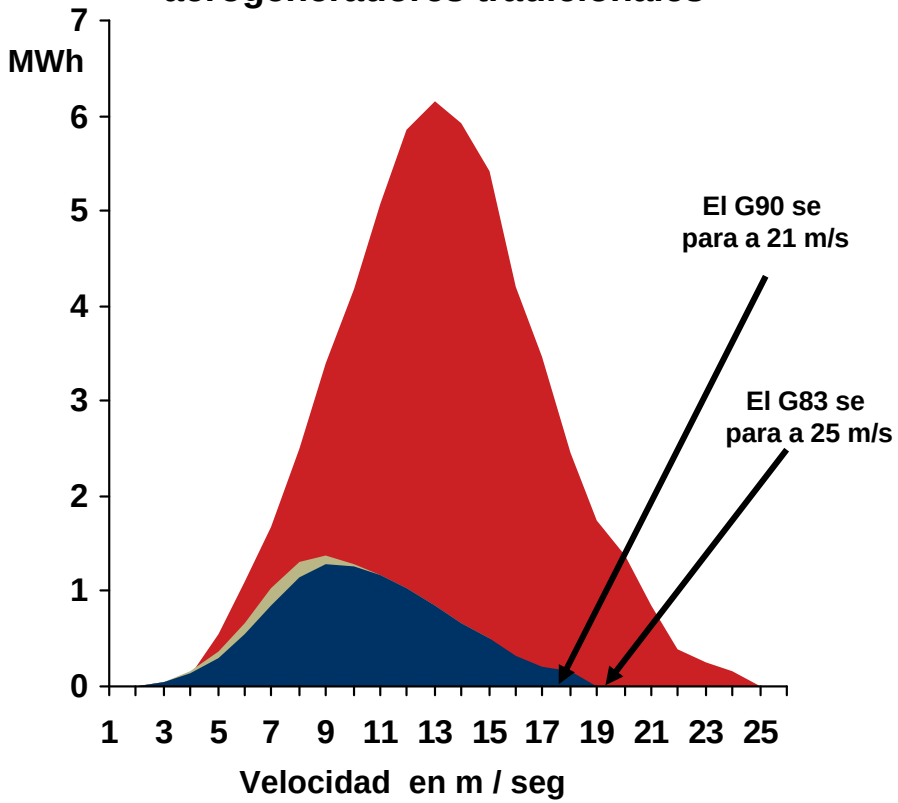
Ventajas de la tecnología ciclónica actual sobre la eólica tradicional

- **La tecnología ciclónica produce de 4 a 20 veces más energía por unidad que la eólica tradicional***
- **El coste del KWh de energía ciclónica es inferior al de la energía eólica tradicional :**
  - **Ciclónica de 2cEu / KWh. a 3,5cEu / KWh.**
  - **Eólica tradicional de 4cEu /KWh. a 7cEu / KWh.**
- **Además la energía producida es de mejor calidad y control, por el momento de inercia que tiene el vórtice. Flujo de aire ordenado y entubado, sin armónicos.**
- **Posibilidad de aprovechamiento integral de ubicaciones con exceso de viento y de perfil.**
- **Posibilidad de integración con otras tipos energías medioambientales renovables.**
- **Mayor duración de la inversión; costes de mantenimiento muy bajos**
  - **Estructura de hormigón: >100 años.**
  - **Aeroturbina entubada de eje vertical y protegida en el interior del GCC: >30 años**

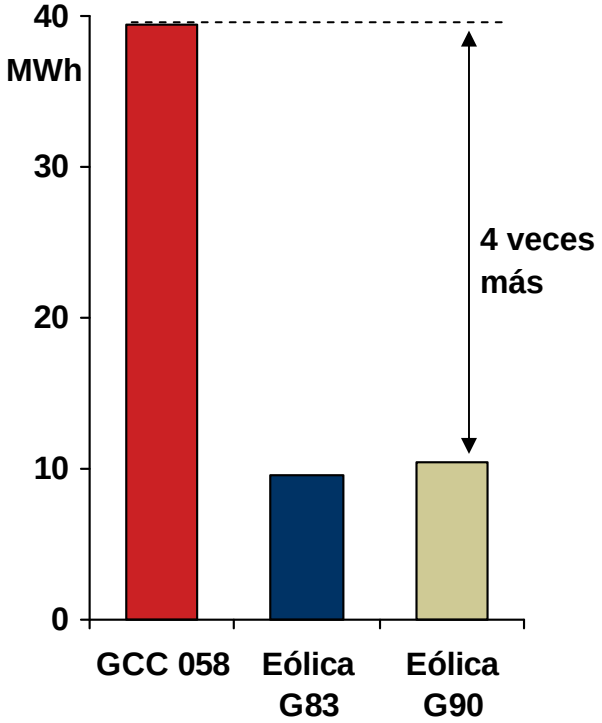
*** Dependiendo de perfiles de viento y distribución de velocidades de viento por horas de cada ubicación**

Para un perfil de 0,15 y la distribución de vientos medida en La Muela, un GCC produce 4 veces más energía que una turbina eólica convencional.

Comparación de curvas de potencia de un GCC con dos aerogeneradores tradicionales

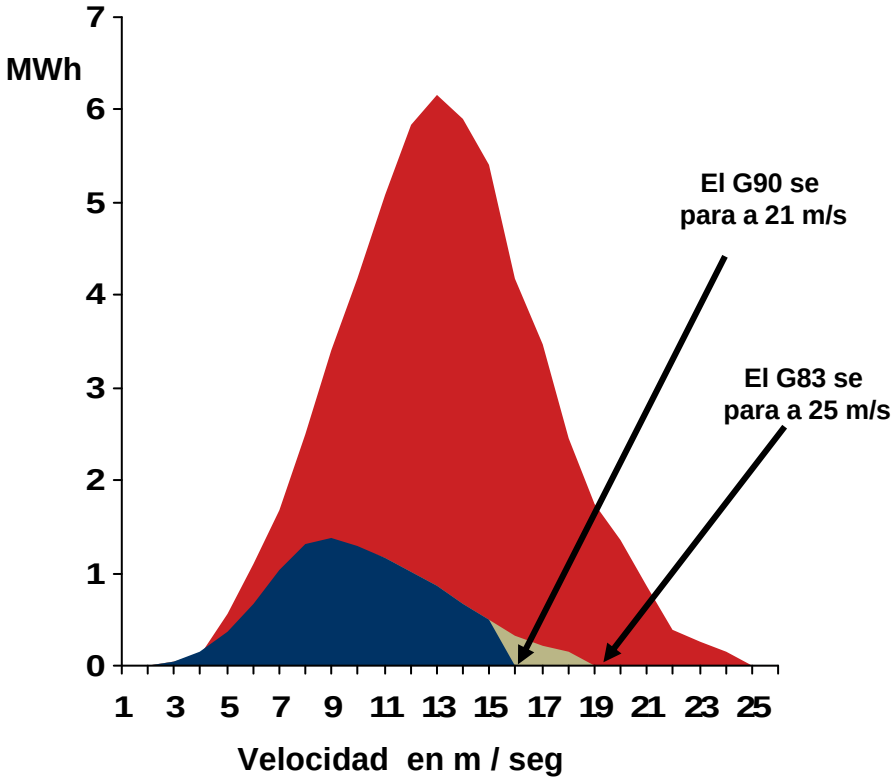


Comparación de generación anual de un GCC y dos aerogeneradores tradicionales

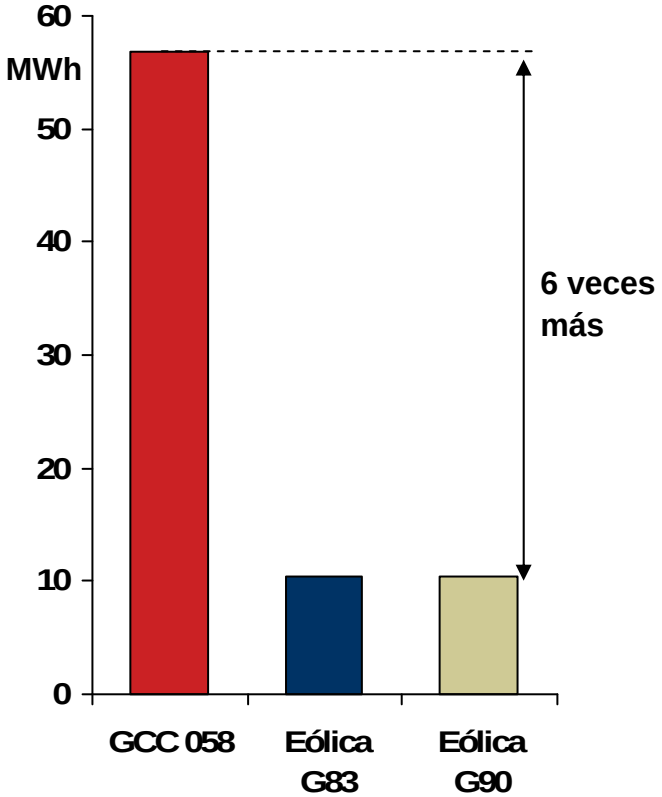


Para un perfil de 0,20 y la distribución de vientos medida en La Muela, un GCC produce 6 veces más energía que una turbina eólica convencional.

Comparación de curvas de energía de un GCC con dos aerogeneradores tripala



Comparación de generación anual de un GCC y dos aerogeneradores tripalas



Además, al ser una nueva tecnología, tiene muchas posibilidades de mejorar su curva de aprendizaje (la eólica tradicional ya es madura)

Ventajas coyunturales al ser una nueva tecnología

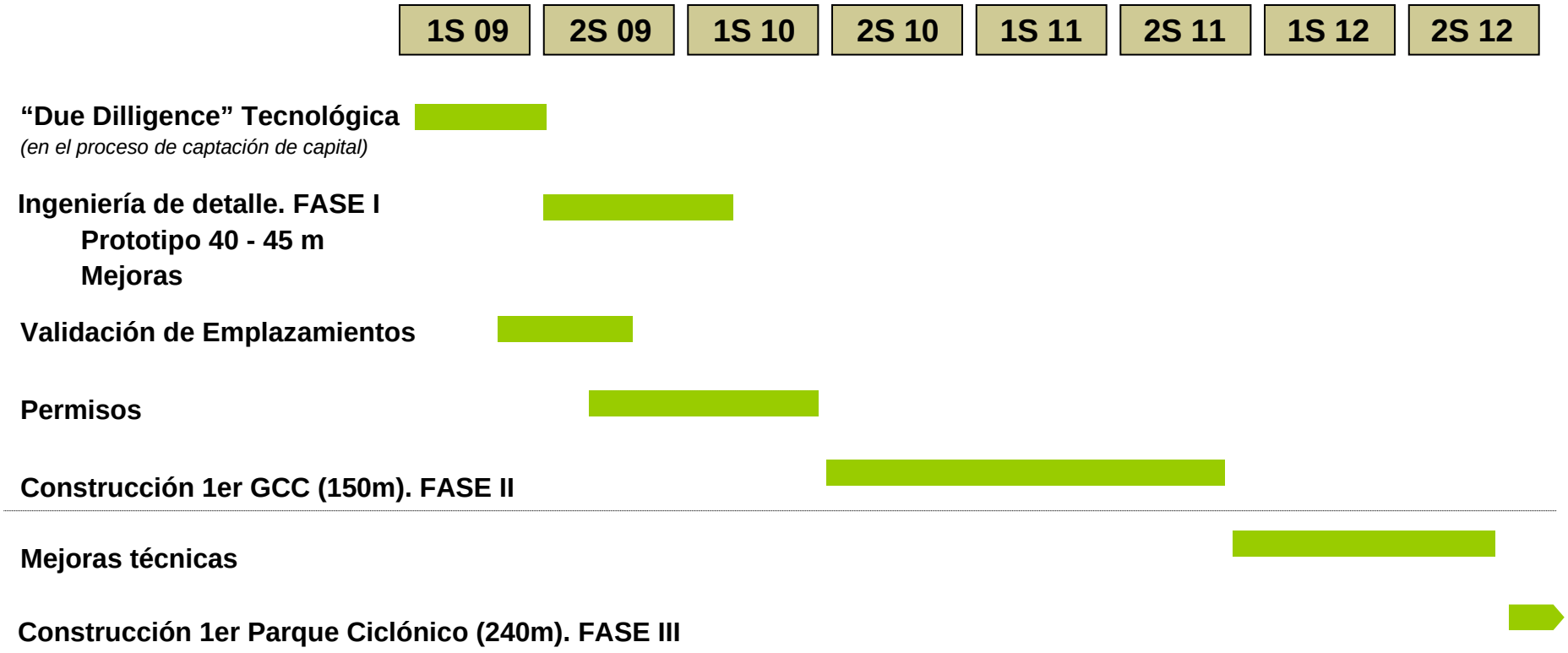
- **Grandes posibilidades de optimización del sistema actual:**
  - **GCCs de más tamaño.**
  - **Mejoras en el diseño : En los últimos meses hemos mejorado mucho el rendimiento.**
  - **Mejoras en el diseño de la turbina: Ya que comenzaremos con una turbina "estándar".**
- **Posibilidad de nuevos desarrollos en el parque ciclónico:**
  - **Calentamiento natural de aire en la base .**
  - **Generadores de conversión anticiclónica (GCA)**
  - **Combinación GCA – GCC.**
  - **Estudio de la posible condensación.**
- **Es una tecnología española, novedosa a nivel global y "sexy". Podemos lograr apoyo político:**
  - **Posibilidad real de lograr subvenciones directas a la inversión y exenciones fiscales.**
  - **Posibilidad de lograr una consideración especial en el marco legal que regula la retribución al régimen especial, con mejores tarifas que la eólica convencional.**
- **Permite economías de escala en la instalación de varios GCC en un solo parque:**
  - **Disminución del coste del hormigón (con cementera propia).**
  - **Reutilización de encofrados para varios GCC.**
  - **Ahorro en transformación y transporte de la energía producida y en vías de acceso.**

Agenda

- Convertidores vorticales.
- ¿Qué es un Generador de Conversión Ciclónica (GCC)?
- Primera investigación científica.
- Primeras simulaciones y validaciones en la Universidad de Zaragoza.
- Nuevos desarrollos a través de simulaciones
- ¿Por qué un parque ciclónico y no energía eólica tradicional?
- **Minimización de riesgos**

El proyecto se ha diseñado en varias fases (con costes crecientes). Si los resultados son pobres en una, no se pasa a la siguiente:

Calendario previsto de actuaciones



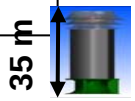
Fuente: TMS.

En la Primera Fase construiríamos una unidad de verificación de 40 - 45 metros.

FASE I: Construcción de un GCC de 40 m. Coste estimado: 5 M. de euros

Se incluye el I + D + i de otros modelos de GCC.

- **Es una fase opcional, que permite bajar considerablemente el riesgo, pero retrasa la ejecución del primer GCC.**
- **El sitio escogido puede ser Galicia o Aragón (Zaragoza), por la proximidad a parques eólicos con tradición (Sotavento, La Muela) y a la Universidad de Zaragoza o de Galicia.**
- **Queremos construir un modelo de 40 metros en la que poder contrastar la tecnología con suficiente precisión la respuesta de los GCC en funcionamiento real con las simulaciones**
- **Aquí verificaremos todas las mejoras recientes de la geometría de los GCC por simulación.**
- **En paralelo realizaríamos la validación de emplazamientos, los estudia de impacto medio-ambiental y tramitaríamos los permisos para construir la 1ª GCC comercial.**
- **Una parte importante del coste sería el hormigón armado.**
- **De 5 a 6 meses de trabajo (incluyendo estudios).**

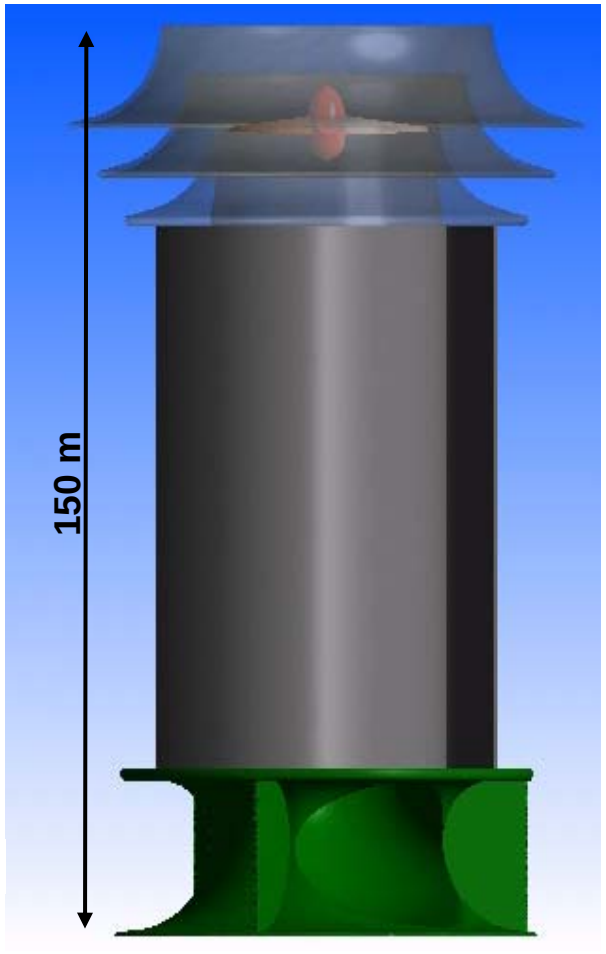


Al terminar esta fase, el riesgo para *el inversor* es muy bajo.

En la <u>Segunda Fase</u> y terminados los estudios en el modelo Fase I construiríamos el primer GCC comercial de 150 metros (los siguientes serán de 250 metros aproximadamente).

FASE II: 1º GCC comercial (150 m) Coste acum: 20 M.

- **Tenemos varios emplazamientos posibles.**
- **Este sería el la primera GCC comercial**
- **Una parte importante del coste sería el hormigón y dirección de obra.**
- **Si al final, la producción fuese menor a la esperada (esperamos resultados mejores que los teóricos), la inversión se amortizaría en más años, pero el riesgo sería solo parcial.**



Al terminar esta fase, el riesgo para *el inversor* es casi nulo

Otros riesgos a considerar:

Impacto ambiental

- Problemas paisajísticos (torres de hormigón de hasta 250m), pero:
  - Es una nueva tecnología española, es muy posible que tengamos apoyo político.
  - Van a sustituir parques eólicos que ya tienen permisos (y no son muy bellos).
  - Al producir varias veces más se podría reducir a solo una pequeña proporción la superficie necesaria para producir la misma cantidad de energía.
- Impacto sobre la fauna y flora. No es mayor que en la eólica tradicional a la que sustituye.
  - Ausencia de elementos móviles exteriores (como en la eólica tradicional).
  - No deja residuos en el suelo a demolerla (al cabo de 100 años).

Licencias y permisos

- Problemas de recalificación y licencia municipal:
  - Se ubicaría en terrenos que “ya recalificados” a industrial para producir energía limpia.
  - Mejorarían el rendimiento.
- Problemas de evacuación de energía:
  - Son terrenos que “ya” están evacuando energía eléctrica.
  - Pero la capacidad de las líneas es “el factor” limitativo, porque la cantidad y concentración de la energía es alta.
  - No vendría mal tener de accionista a la eléctrica responsable de la evacuación.

Además, *el inversor* puede asumir solo una parte del riesgo, invirtiendo en el proyecto en solo una parte de la participación disponible. Por ejemplo, algo más de la mitad:

Inversores buscados en el capital de CECSA

Empresa	Sector	Valor estratégico	Porcentaje esperado del capital
Cementera	Cementera / Construcción	Aporta hormigón armado y project management (terrenos?)	12,9 % ?
Infraestructura	Construcción	Project management y cash	2%
Tecnológica 1	Tecnología	Aporta experiencia en aerogeneradores y turbinas e infraestructura para la mejora	3%
Eléctrica	Energía	Facilita la evacuación de la energía	2%
Financiero 1	Financiero	Esencialmente capital	3,1%
Financiero 2	Financiero	Esencialmente capital	1%
Propietario de Terrenos	Propietario de terrenos	Terrenos con viento	1%
Total			25%

Fuente: TMS.

¿Ruegos y Preguntas?