

Tunel Aerodinámico

Aeronautica II



Gustavo Solier

Introducción

El estudio de la aerodinámica en forma experimental puede perseguir varios objetivos:

- Medir las fuerzas ejercidas por el aire sobre los cuerpos en movimiento
- Medir las fuerzas ejercidas por el viento sobre los cuerpos estáticos
- Ayudar a desarrollar o validar las teorías aerodinámicas
- Ayudar a diseñar cuerpos móviles o estáticos a fin de optimizar su eficiencia aerodinámica.



Haciendo un poco de historia...

- Aerodinámica significa 'aire en movimiento'. El término fue documentado por primera vez en 1837.
- Leonardo Da Vinci trajo dos grandes avances en aerodinámica:
 - 1- Se dio cuenta de que el agua en un río se mueve más rápido en lugares donde el río es estrecho (conceptos básicos de El teorema de Bernouli)
 - 2- Afirmó que los resultados aerodinámicos son lo mismo cuando un cuerpo se mueve a través de un fluido como cuando un fluido se mueve más allá de un cuerpo estático en el misma velocidad: el principio del túnel de viento

El brazo giratorio

- George Cayley (siglo XIX) usó un brazo giratorio para medir el arrastre y la sustentación en superficies aerodinámicas.
- También lo usó para diseñar el primer planeador no tripulado exitoso (1804).
- Otto Lillienthal también usó brazos giratorios diseñar planeadores tripulados (1866-1889)
- Samuel Langley construyó el más grande y mas rápido brazo giratorio (década de 1890)

Los primeros túneles de viento

El brazo giratorio tiene una gran debilidad:

- el objeto pasa dentro de su propia estela.
- Una alternativa fue el túnel de viento, primero diseñado por Frank Wenham (1871)
- Más famoso fue el túnel de viento utilizado por el Hermanos Wright en 1901 con el fin de diseñar su 1902 Glider y 1903 Flyer.
- El túnel de viento de los hermanos Wright dio datos precisos y completos de sustentación y resistencia de secciones de ala.



El túnel Aerodinámico

- El túnel de viento se convirtió rápidamente en la base experimental del estudio de los esfuerzos aerodinámicos
- Un **túnel aerodinámico** es una herramienta de investigación, desarrollada para ayudar en el estudio de los efectos del movimiento del aire alrededor de objetos sólidos.
- Provee un flujo de fluido controlado, para investigar los fenómenos de los flujos y el testeo de modelos aerodinámicos.
- En un túnel aerodinámico, el objeto o modelo permanece estacionario mientras se propulsa el paso de aire o gas alrededor de él. Se utiliza para estudiar los fenómenos que se manifiestan cuando el aire baña objetos como aeronaves, cohetes, misiles, naves espaciales, automóviles, construcciones civiles (puentes, edificios), etc.
- Hoy en día el túnel de viento es indispensable a pesar del CFD.
- Se usa para validar soluciones numéricas.
- Se ensayan modelos de componentes, conjunto y su interacción.

Principios del túnel aerodinámico

- Las cargas ejercidas por el aire estático en un cuerpo en movimiento son iguales a los que ejerce el movimiento de aire en un cuerpo estático, siempre y cuando las velocidades relativas entre el aire y el cuerpo son lo mismo en ambos casos.
- Para un experimento de túnel de viento verdaderamente representativo, el cuerpo debe tener su tamaño real y el viento debe tener la velocidad que el objeto tendría si se estuviera moviendo.
- Estas condiciones no son siempre posibles.
- Por lo tanto para que un modelo sea representativo, se debe cumplir con la semejanzas entre el modelo y el objeto real.

Teoría de las semejanzas

- Semejanzas entre el modelo y el objeto real
- **Semejanza geométrica**
- Dos fenómenos son geoméricamente semejantes si todas las dimensiones lineales que las caracterizan son proporcionales. Los criterios de semejanza geométrica son relaciones entre cualesquier correspondientes dimensiones lineales.
- **Semejanza cinemática**
- Dos fenómenos son cinemáticamente semejantes si con la semejanza geométrica, tiene lugar al mismo tiempo, proporcionalidad y orientación igual de los vectores de velocidad en todos los puntos adecuados. (líneas de corriente semejantes)
- **Semejanza dinámica**
- Dos fenómenos son dinámicamente semejantes si con la semejanza cinemática tiene lugar la proporcionalidad y orientación igual de los vectores fuerzas en todos los puntos adecuados de dichos fenómenos.

Modelo

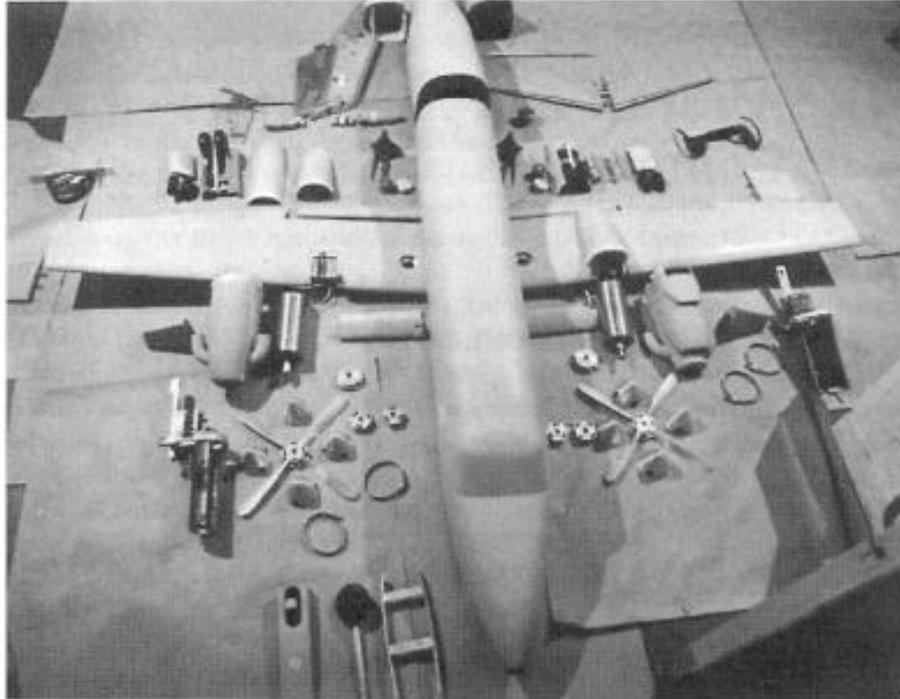
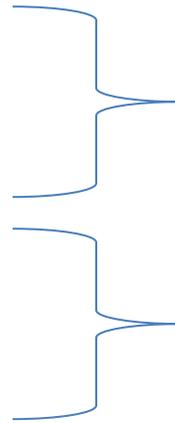


Figura 5.1: Modelo sin ensamblar de un avión para ensayar en un túnel aerodinámico

Tipos de túneles aerodinámicos

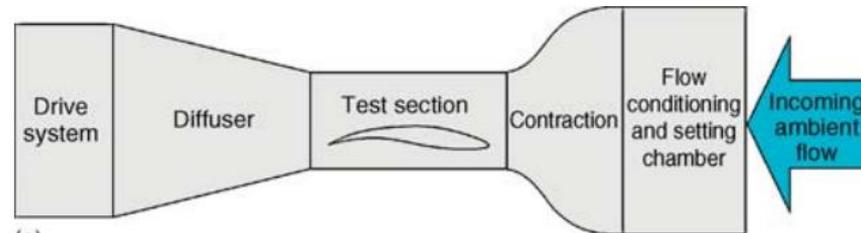
- Circuito abierto – Vena Abierta
- Circuito abierto – Vena Cerrada
- Circuito cerrado – Vena Abierta
- Circuito cerrado – Vena Cerrada



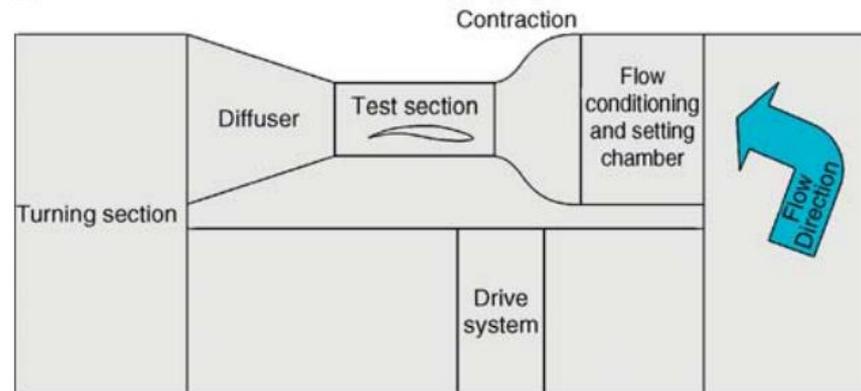
Tipo Eiffel

Tipo Prandtl

- Tunel de densidad variable o Aire Comprimido



(a)



(b)

Clasificación de los túneles

- **Túnel de Baja Velocidad**

Mach < 0,5

Debido a las velocidades alcanzadas puede despreciarse el efecto de la compresibilidad.

Predominan los factores de inercia y viscosos.

Criterio de semejanza:

- **Por número de Reynolds**

$$Re = \frac{\text{Inertial Forces}}{\text{Viscous Forces}} = \frac{\rho V c}{\mu}$$

ρ = Air density

V = Airspeed

c = Characteristic length

μ = Air viscosity

a = Speed of sound in air

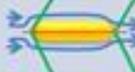
Clasificación de los túneles

- Túnel de Alta Velocidad

Ensayos donde los efectos de compresibilidad son importantes.

Túnel Subsónico	$0,5 < \text{Mach} < 0,8$
Túnel Transónico	$0,8 < \text{Mach} < 1,2$
Túnel Supersónico	$1,2 < \text{Mach} < 5$
Túnel Hipersónico	$\text{Mach} > 5$

Criterio de semejanza:

Régimen de Velocidad	Flujo Típico (Modelo)	Sección de Entrada	Ratio de Compresión	Motor o sistemas de motor
Subsónico (M= 0 - 0.7)			1.0+	
Transónico (M= 0.7 - 1.2)			1.1	
Supersónico (M= 1.2 - 5)			2 (M = 2)	
Hipersónico (M > 5)			20 (M = 5)	

- **Por número de Mach**

$$M = \frac{\text{Inertial Forces}}{\text{Elastic Forces}} = \frac{V}{a}$$

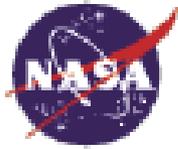
ρ = Air density

V = Airspeed

c = Characteristic length

μ = Air viscosity

a = Speed of sound in air



Wind Tunnel Design

Glenn
Research
Center

Increase in Area:

For subsonic flow ($M < 1$)

velocity decreases & pressure increases

For supersonic flow ($M > 1$)

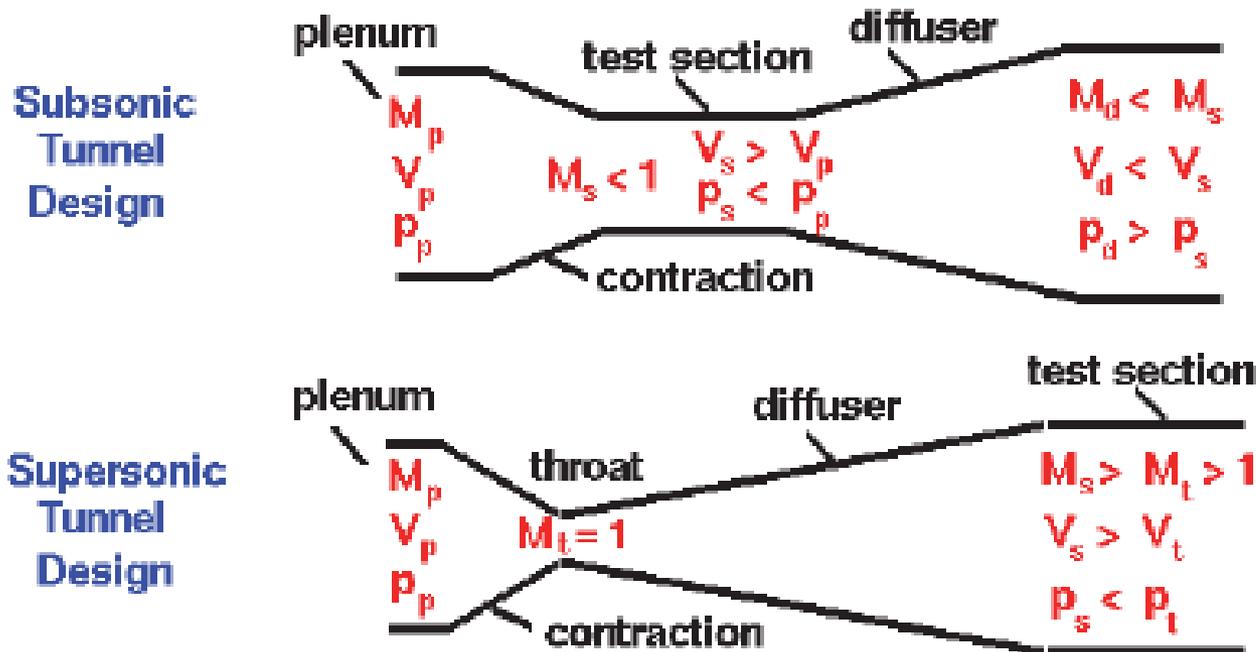
velocity increases & pressure decreases

M = Mach

V = velocity

p = pressure

A = area



Clasificación de los túneles (cont)

Clasificación por presión del fluido

Presión atmosférica

Densidad variable

Por su tamaño

Normal

Tamaño full size

Clasificación por fines

- Para modelo de alas y aviones
- Para desarrollo de investigación de capa límite
- Para investigación de hélice y turborreactores
- Para calibración de instrumentos
- Para investigación de mecánica del vuelo

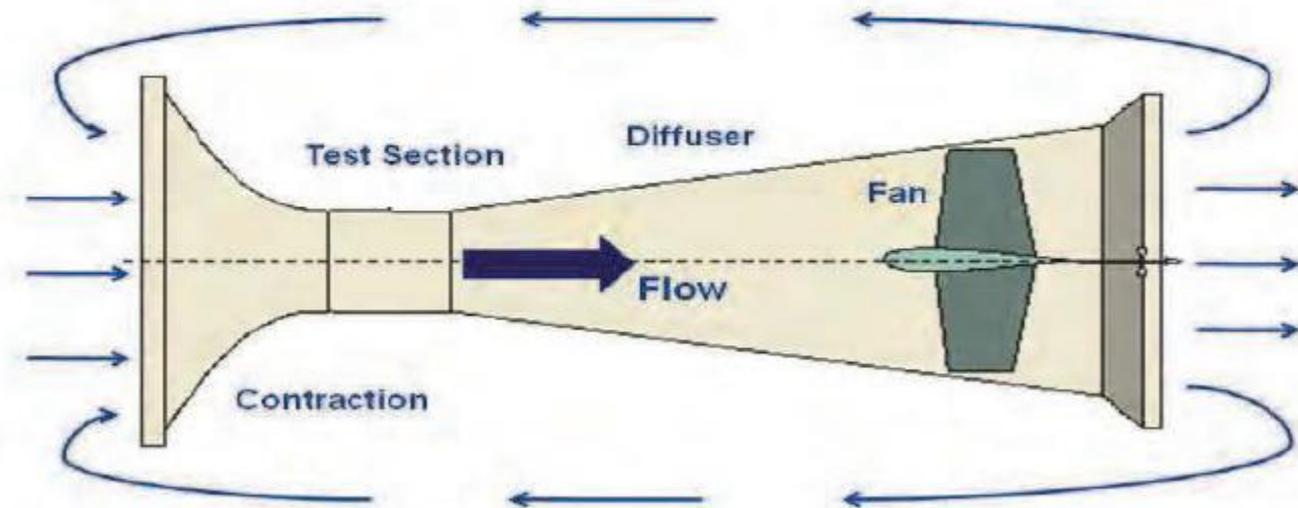
Tipo Eiffel

Circuito Abierto Vena cerrada

National Aeronautics and Space Administration



Open Return Wind Tunnel

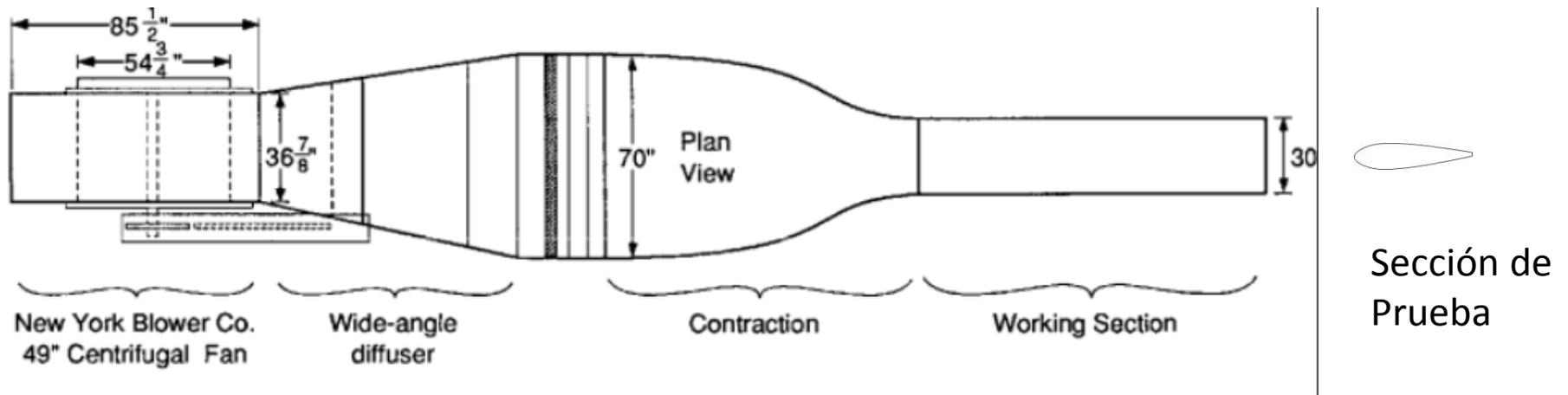


www.nasa.gov

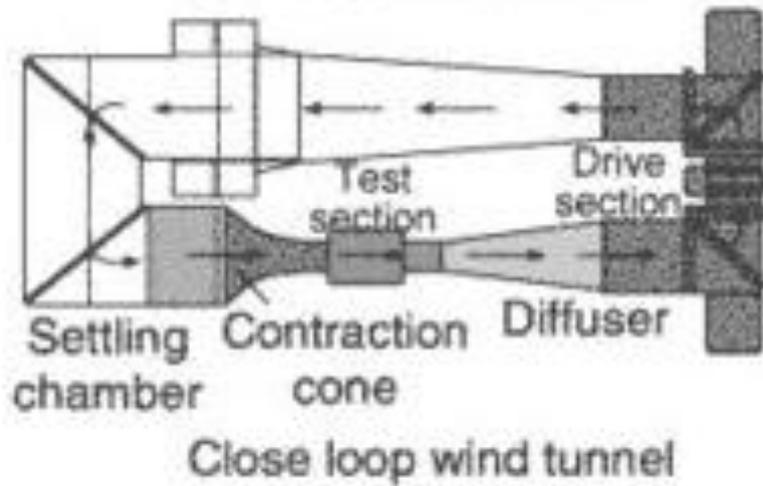
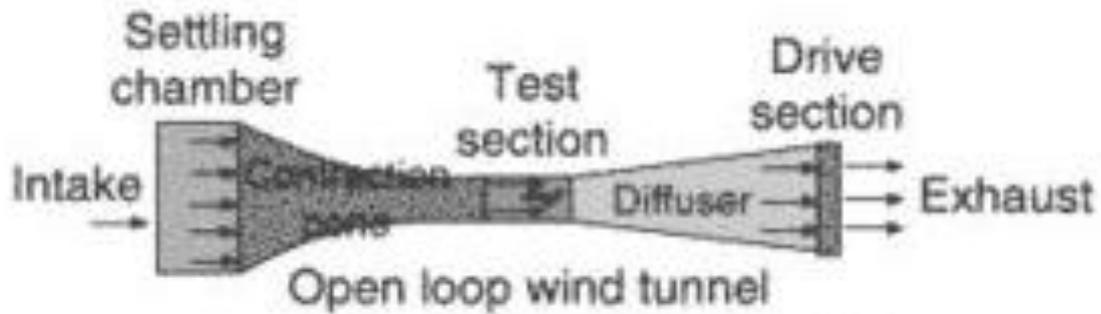
Circuito Abierto Vena cerrada

Tipo Eiffel

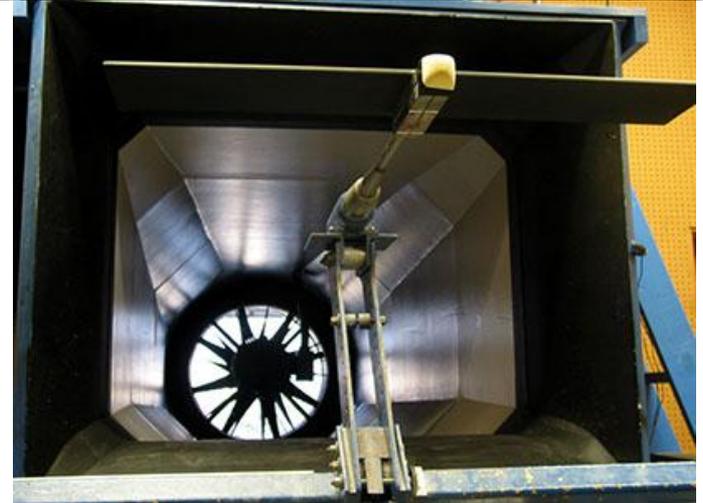
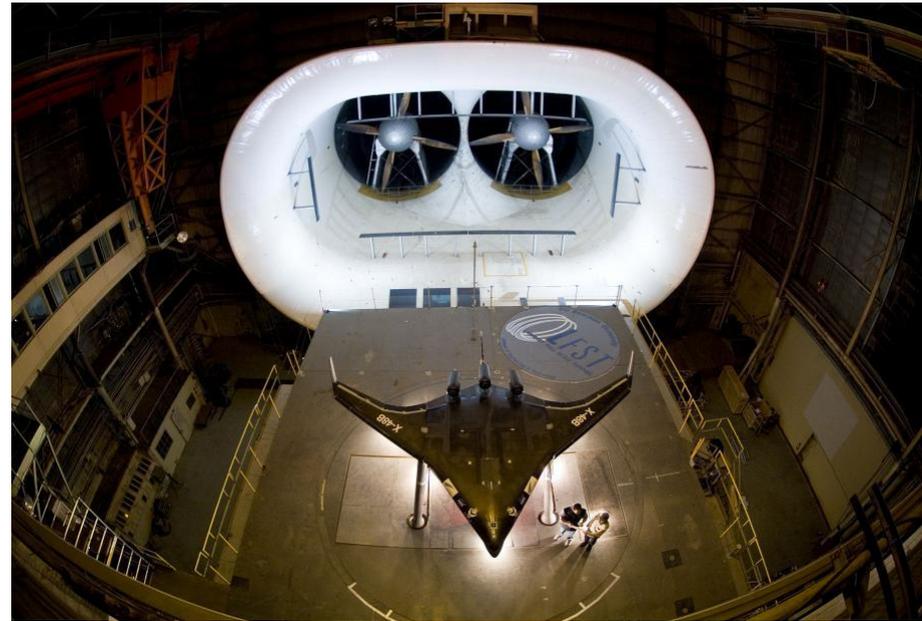
Circuito Abierto Vena Abierta



Componentes



Motor/fan Drive Unit



Setting Chamber

- Forma de panel .
- Función reducir la turbulencia.

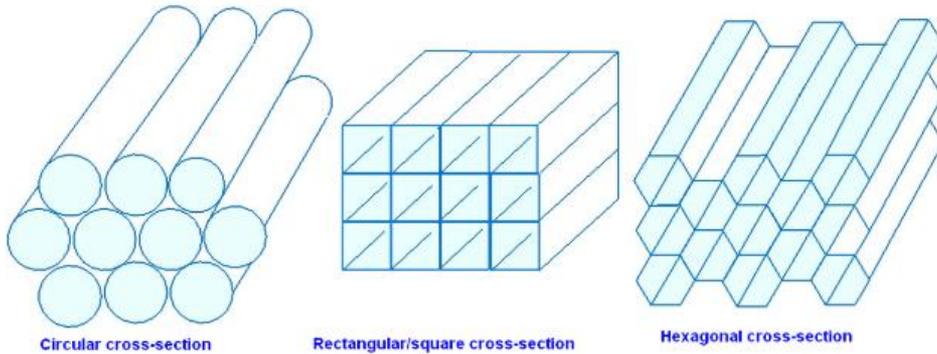
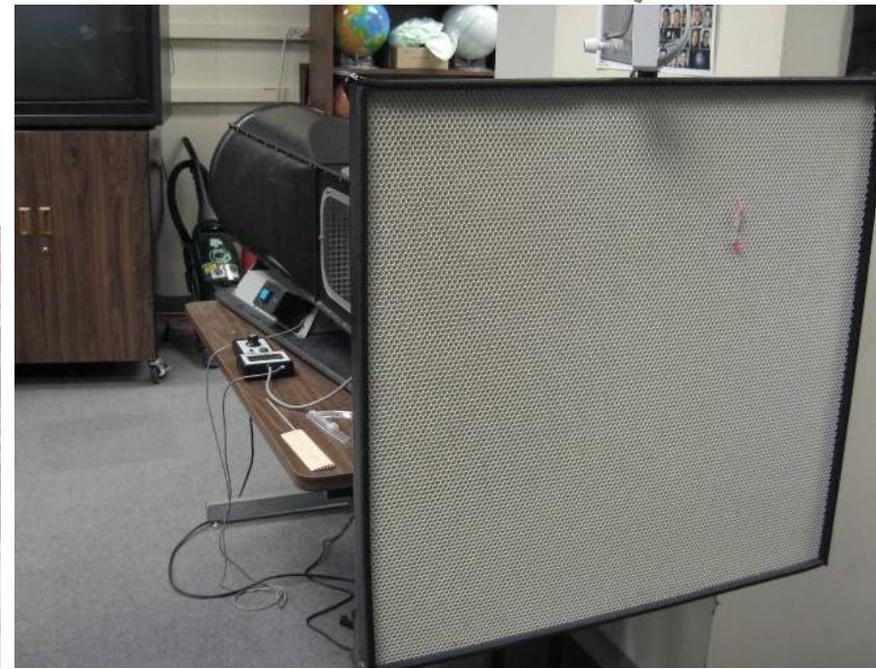
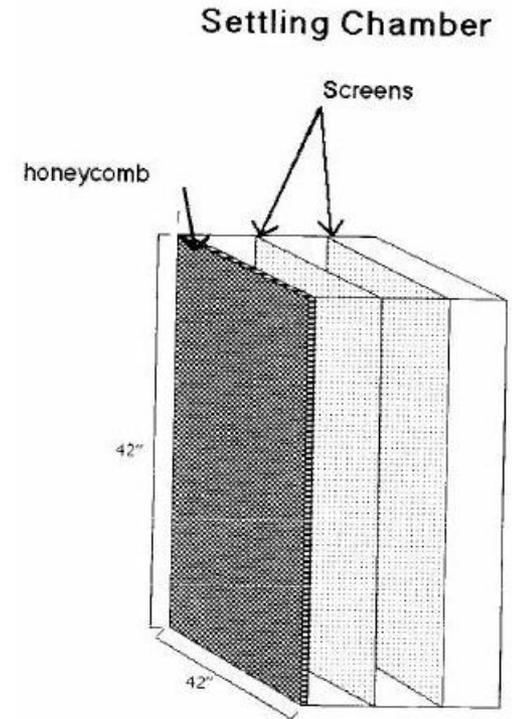
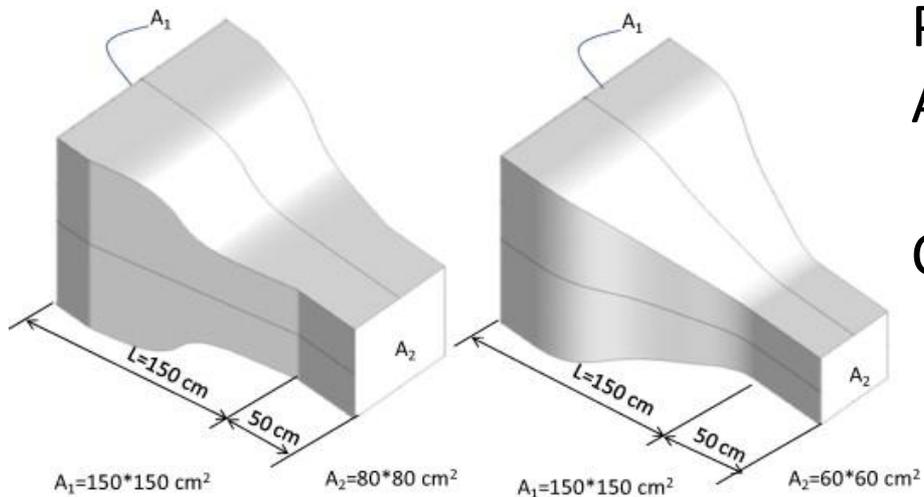


Fig. 8.1.2: Honeycomb structures for low speed wind tunnels.



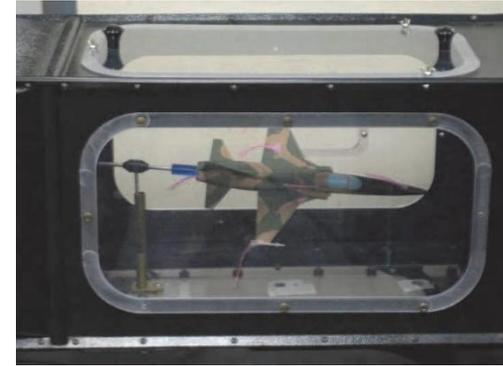
Cono de contracción



Propósito:
Acelerar el flujo y administrar el fluido a velocidad deseada en la Cámara de medición.

Cámara de testeo

- Elemento básico del túnel aerodinámico.
- Los modelos son montados en esta sección.



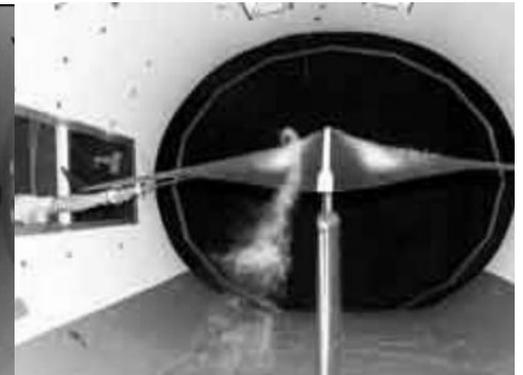
El aire entra a la velocidad deseada.
Los sensores miden las fuerzas como sustentación y resistencia en el modelo.

Forma de la cámara

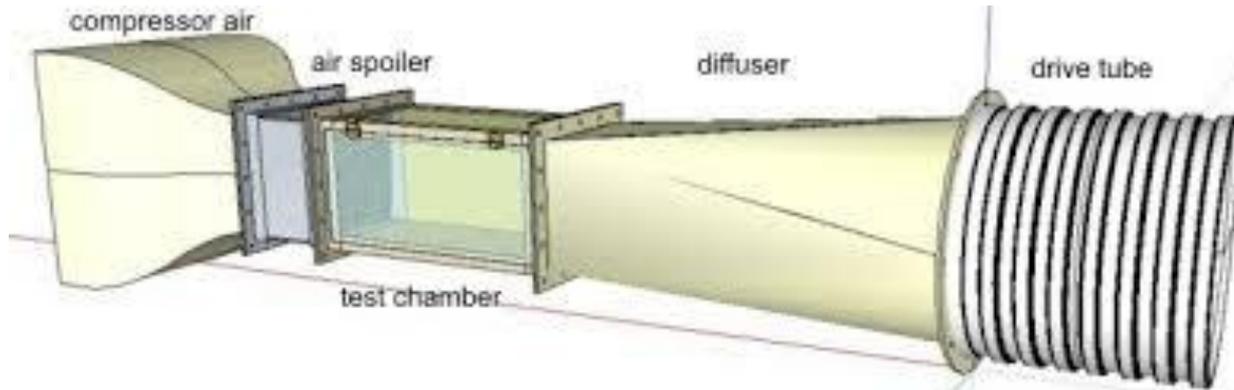
Rectangular / Hexagonal(propósito general)

Circular (simetría axial)

Elíptica (modelos de aeronaves)



Difusor



La sección del difusor del túnel de viento es necesaria para reducir cualquier turbulencia de aire que pueda volver a la sección de prueba. Reduce la velocidad del fluido aumentando la presión del mismo.



Ventajas Tunel tipo Eiffel

- Pueden ser horizontales o verticales
- Se pueden ensayar motores a combustión
- Se puede eliminar fácilmente el humo
- Se puede controlar fácilmente el fluido
- Espacio reducido
- Menor costo de construcción

Desventajas

Baja calidad de flujo en cámara de prueba

Altos costos de operación

Operación ruidosa

Para un tamaño dado requiere mayor energía

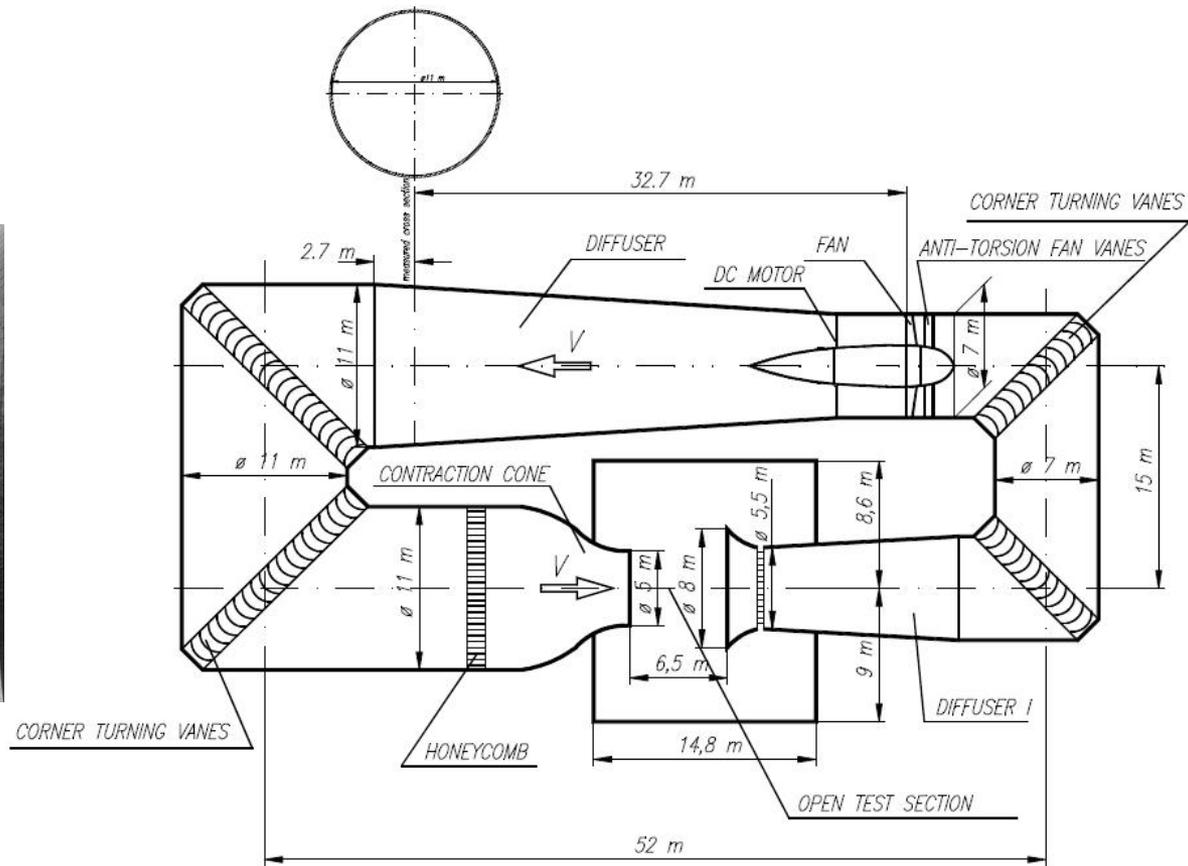
Puede requerir enfriamiento

Tipo Prandtl

- Circuito cerrado – Vena Abierta
- Circuito cerrado– Vena Cerrada
 - 1-Simple Retorno
 - 2-Doble Retorno
 - 3-Retorno Anular (densidad variable)

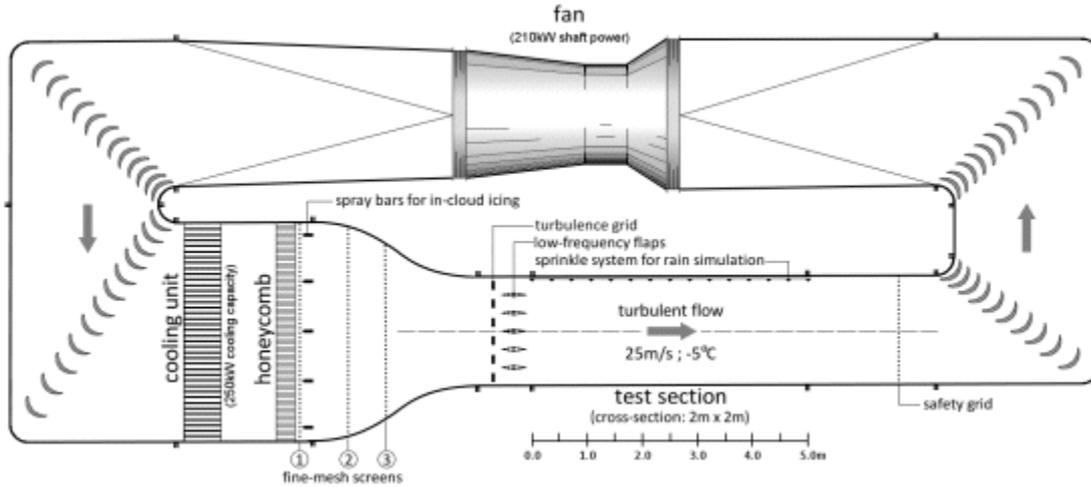
Tipo Prandtl

Circuito cerrado – Vena Abierta

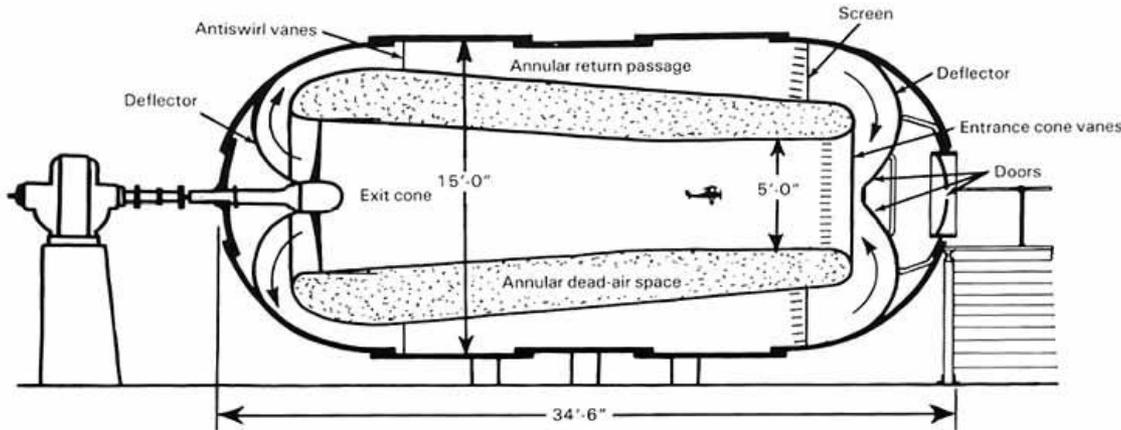


SCHEME OF AERODYNAMIC WIND TUNNEL \varnothing 5 M (T3)

Tipo Prandtl



Simple Retorno



Retorno anular

Ventajas Tunel tipo Prandtl

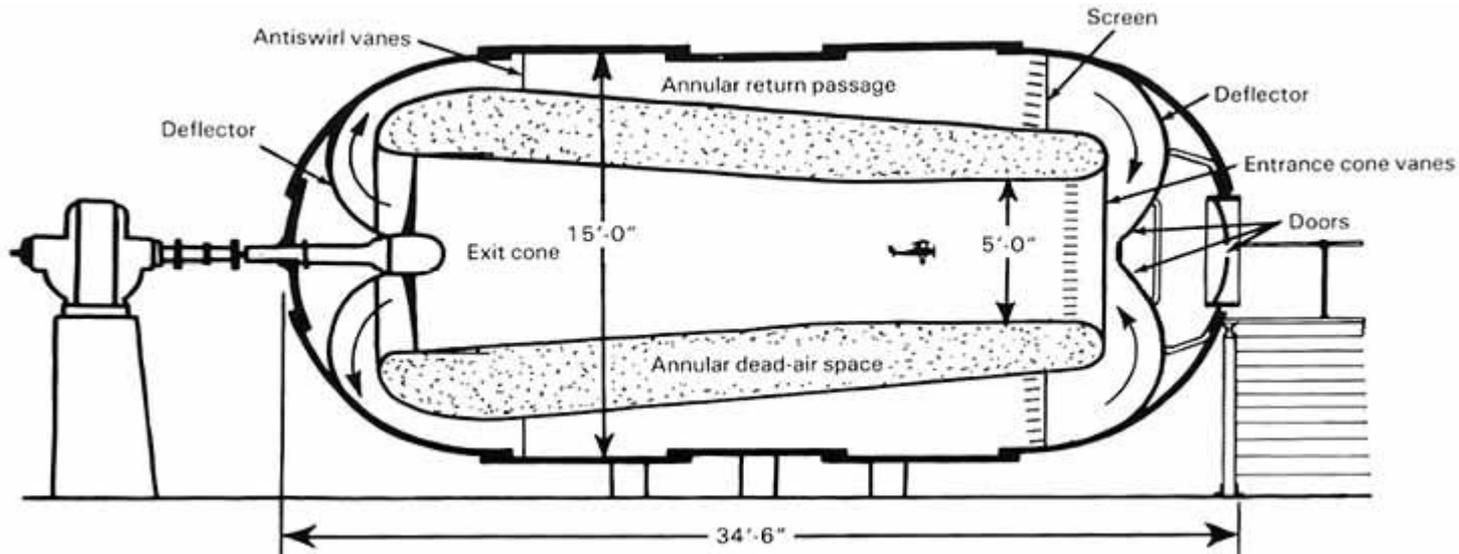
- Consumo reducido
- Se modelizan números de Reynolds altos
- Operación silenciosa
- Menor consumo de energía (pérdidas por rozamiento)

Desventajas

- Alto costo de construcción
- Requiere mayor espacio

Puede requerir enfriamiento

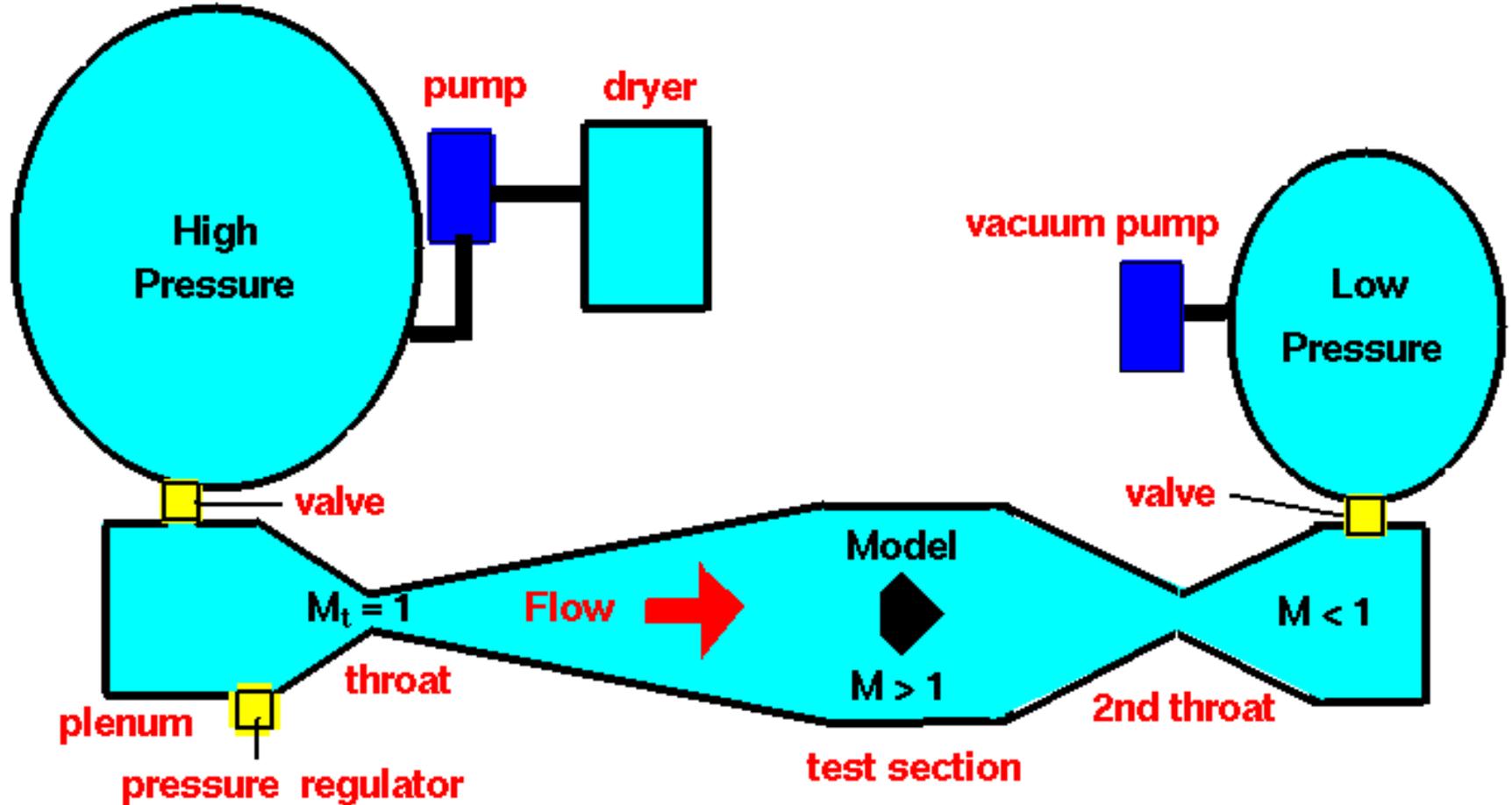
Tunel de densidad variable





Blowdown Wind Tunnel

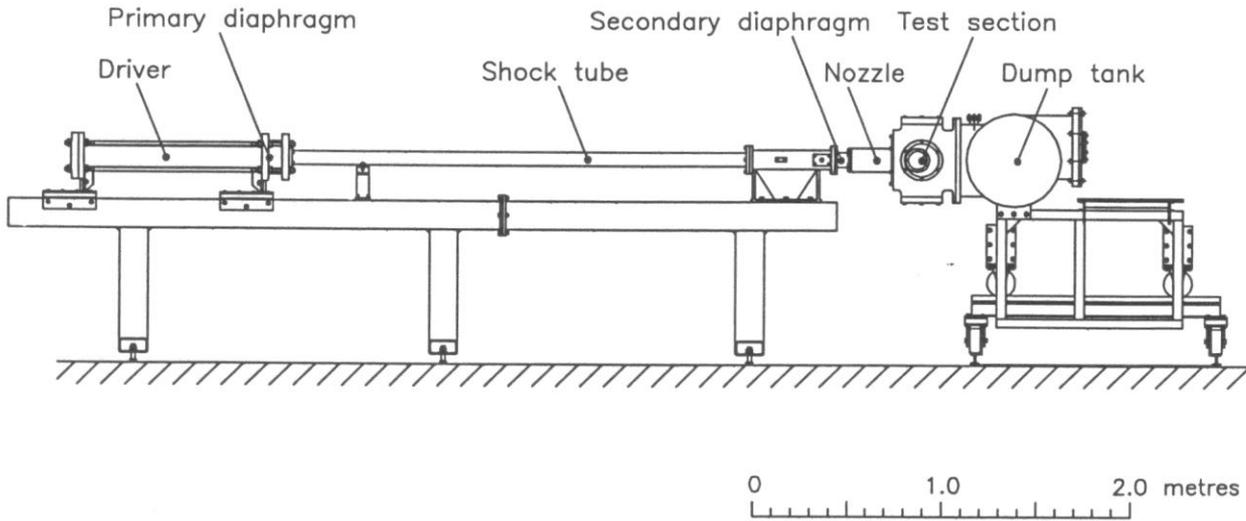
Glenn
Research
Center



Closed Configuration

Usado en High Supersonic

Shock tube

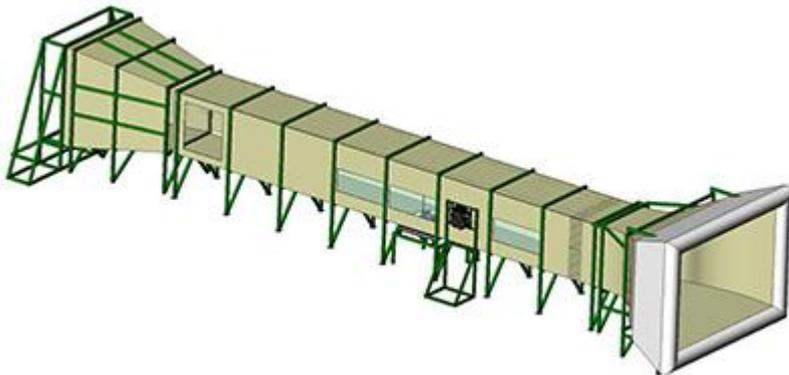


Tuneles Aerodinámicos FRH

TUNEL DE VIENTO MAYOR

Es el túnel de viento utilizado para ensayos aeronáuticos (aviones, alas, etc.), ensayos de vehículos terrestres (autos, trenes, etc.), ensayos de energía eólica (aerogeneradores de eje vertical y horizontal) y ensayos civiles en general (Edificios, estructuras, etc.), entre otras aplicaciones. Sus características son:

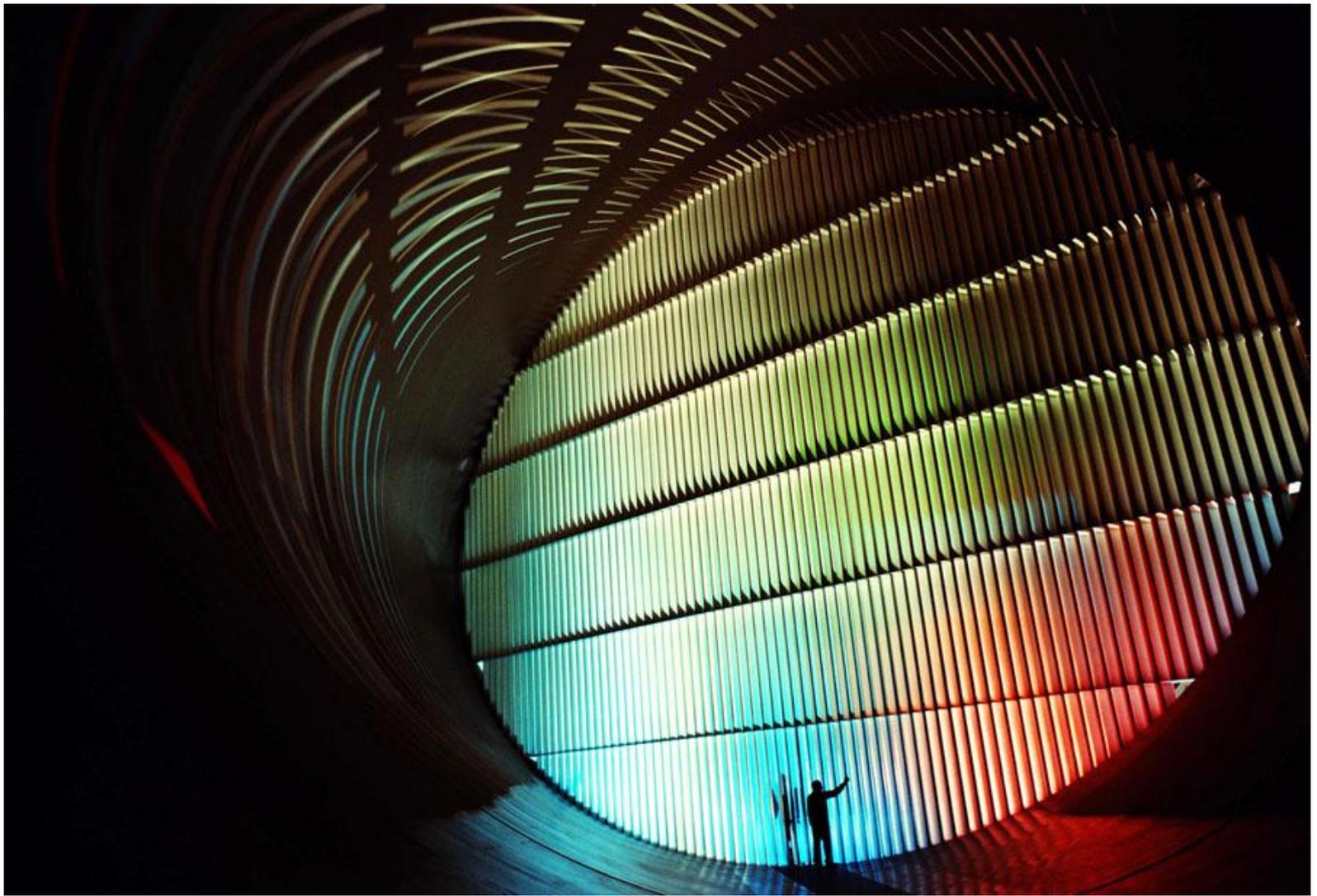
- Túnel de viento tipo Eiffel
- Velocidad máxima = 80 Km/h (≈ 22 m/Seg)
- Dimensiones de cámara de ensayos: Ancho=1.28m, alto=1.28m, largo=10m
- Relación de contracción de la toma de aire: 4.6 a 1.
- Planta de poder: 4 ventiladores axiales con motores trifásicos de 5.5HP cada uno



- **TUNEL DE VIENTO DE INVESTIGACION**

- Es el túnel de viento utilizado para calibrar sondas direccionales. En las siguientes figuras se puede observar su configuración Sus características se resumen a continuación:
 - • Túnel de viento tipo Eiffel
 - • Velocidad máxima = 165 Km/h (≈ 46 m/Seg)
 - • Dimensiones de cámara de ensayos: Ancho=0.3m, alto=0.3m, l=0.56m
 - • Relación de contracción de la toma de aire: 11 a 1.
 - • Planta de poder: 1 ventilador centrífugo con motor trifásico de 10HP





Consultas?