



INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM



Alianza  
FIDEM<sup>AC</sup>  
innovación en infraestructura



ONICCE



Calidad y Sustentabilidad  
en la Edificación, A.C.  
CASEDI



ALENER  
Alianza por la Eficiencia Energética

FORO INTERNACIONAL

# EDIFICACIONES SUSTENTABLES Y LA NORMALIZACIÓN

11 de abril de 2019

Torre de Ingeniería – UNAM

Panel 2: Infraestructura de calidad para la construcción sustentable, resiliente e inteligente (técnica, física y financiera)

## Laboratorio de Túnel de Viento, su contribución al aseguramiento de calidad

Ing. Rodolfo del Rosal Díaz

# ¿Que es un Laboratorio de Túnel de Viento?

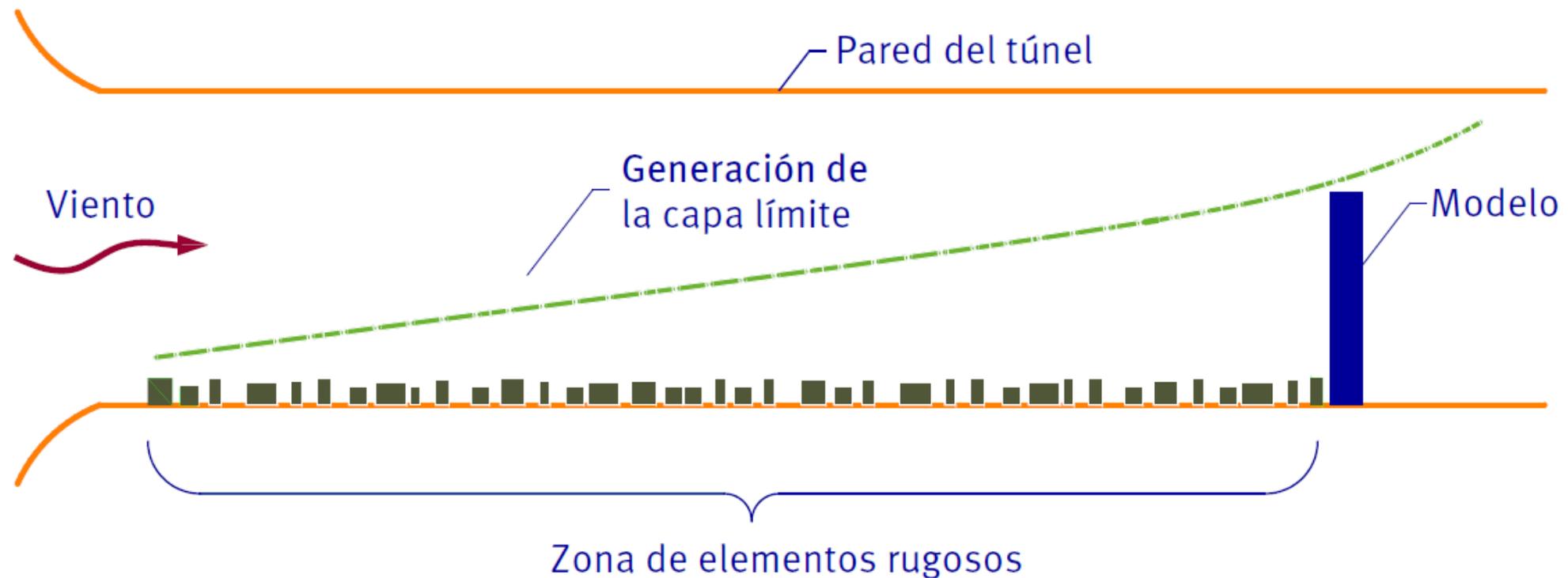
- Es una herramienta científico-tecnológica para:
  - Resolver problemas relacionados con la ingeniería de viento
  - Realizar estudios experimentales de los fenómenos y efectos eólicos
  - Mejorar la confiabilidad del desempeño estructural
- Realiza también investigación de punta sobre los efectos del viento en:
  - Estructuras
  - Personas en espacios urbanos
  - Equipos y movimiento de masas de aire, entre otros
- Todos ellos relacionados estrechamente con sus aplicaciones en ingeniería civil, arquitectura y meteorología

# Laboratorio de Estructuras y Materiales de Alta Tecnología (LemAT)

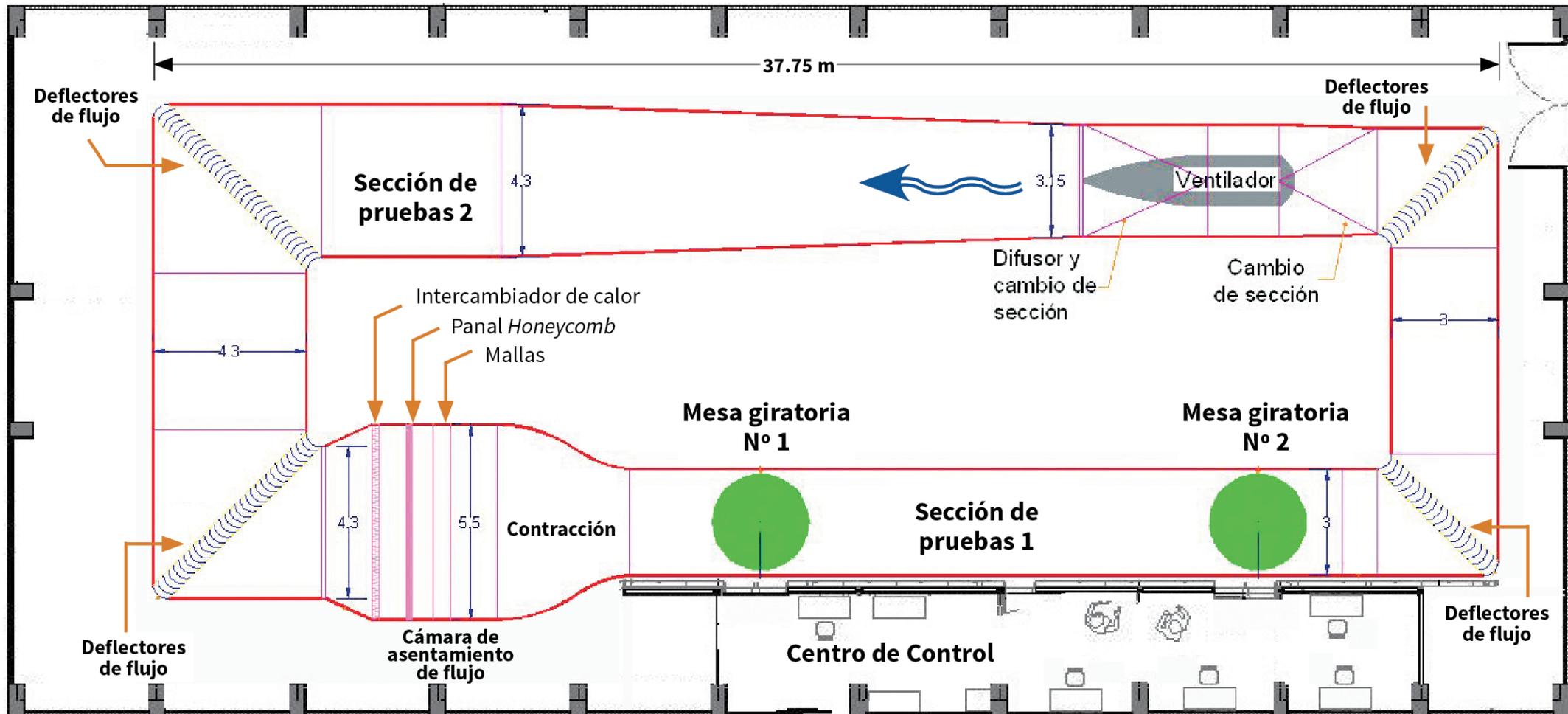


## Características del Túnel de Viento

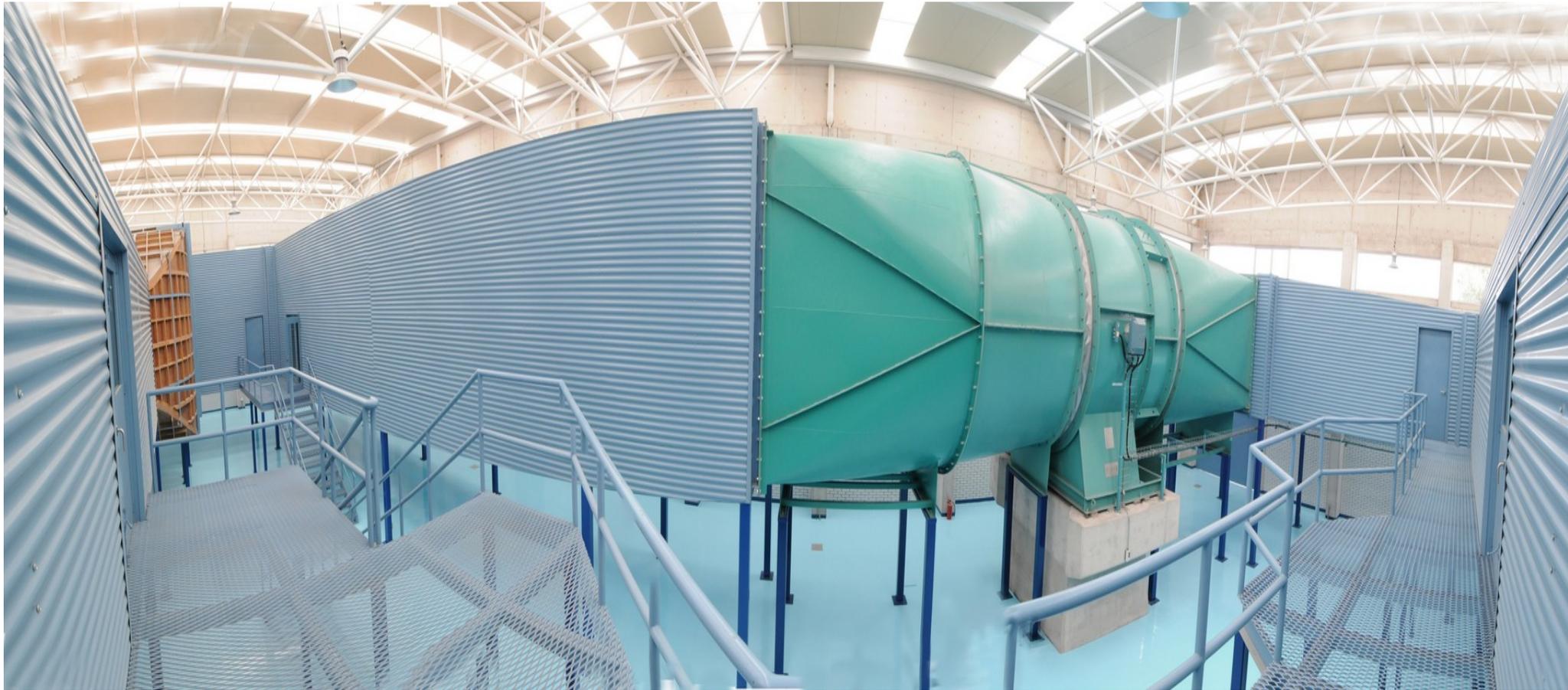
Es del tipo de capa límite atmosférica, de circuito cerrado, lo que permite tener un control adecuado del flujo (velocidad, presión y temperatura).



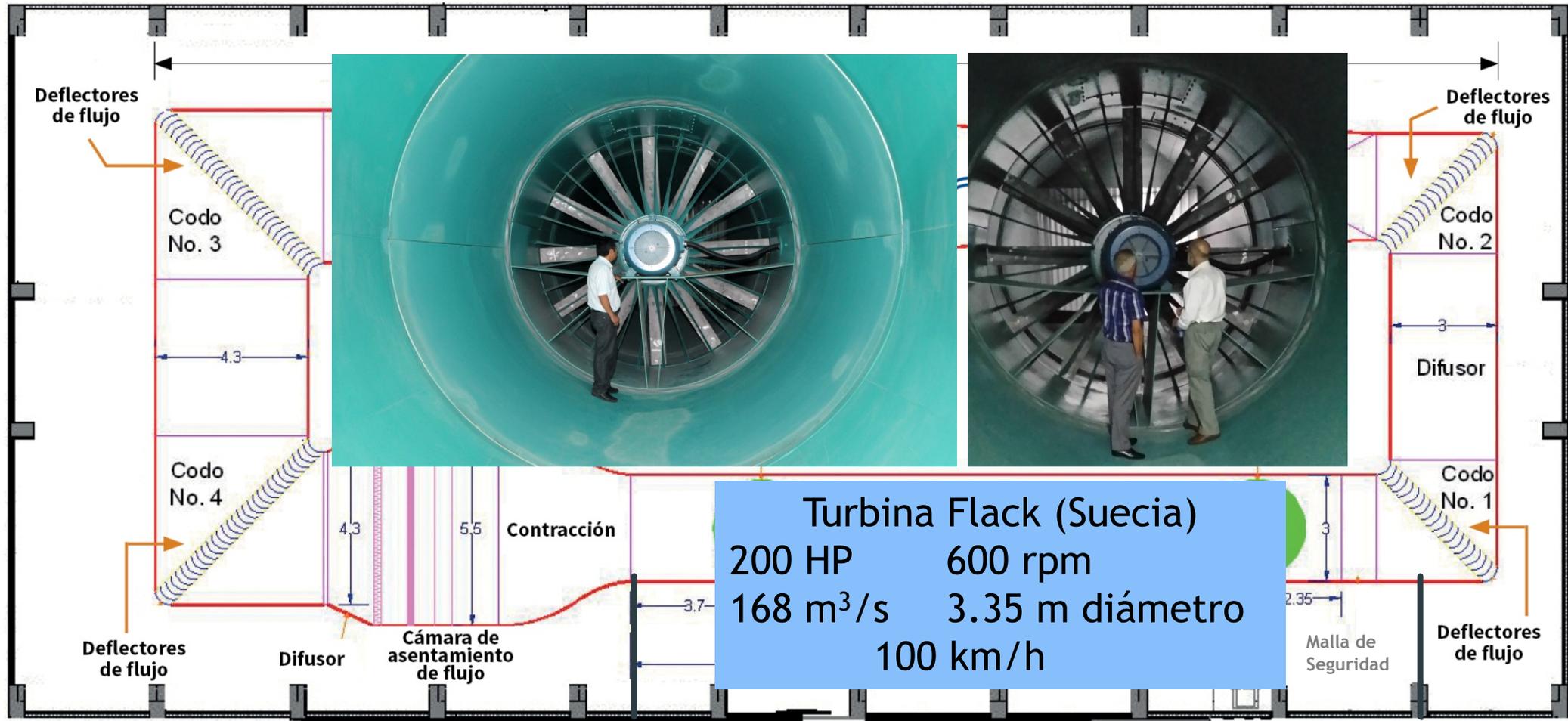
## Características del Túnel de Viento Nave y Circuito Túnel de Viento



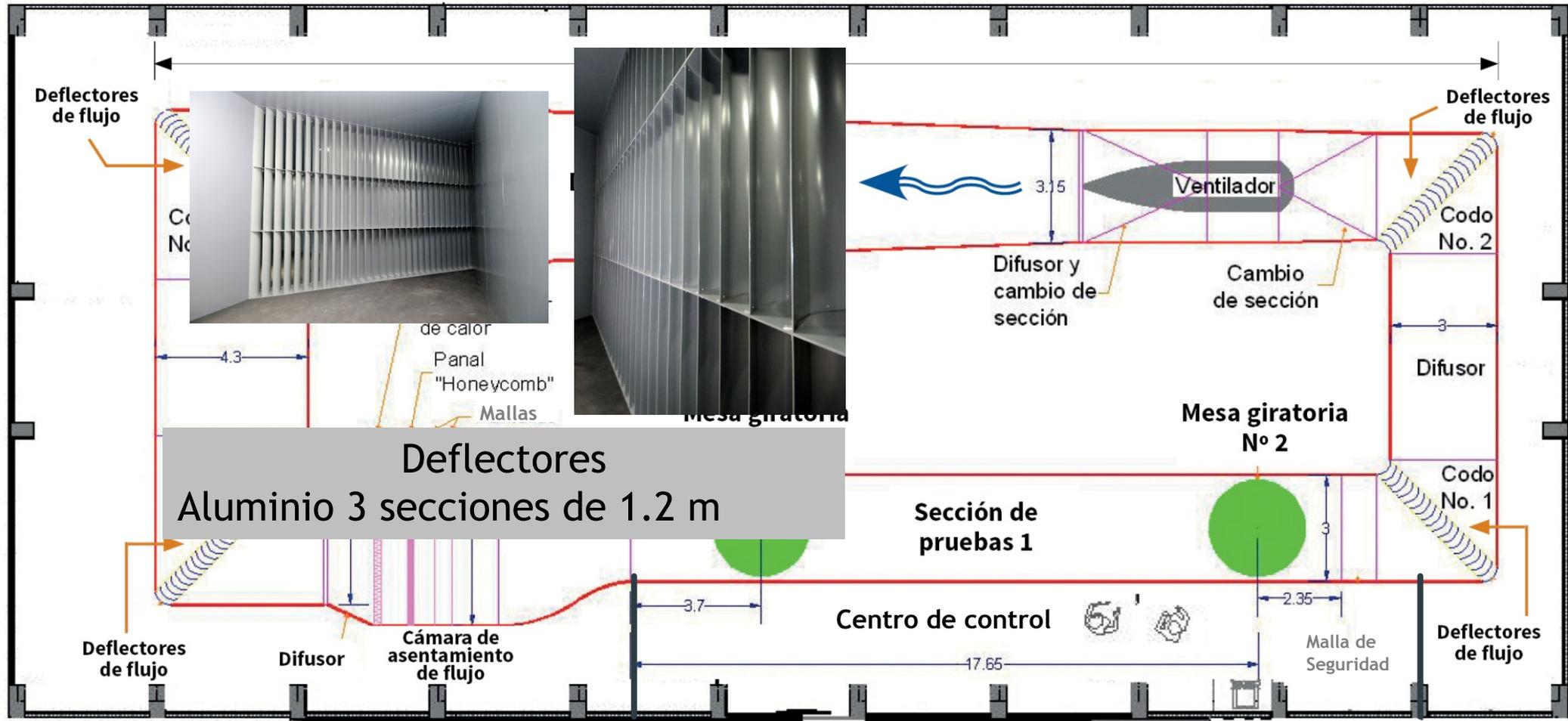
# LemAT Túnel de Viento



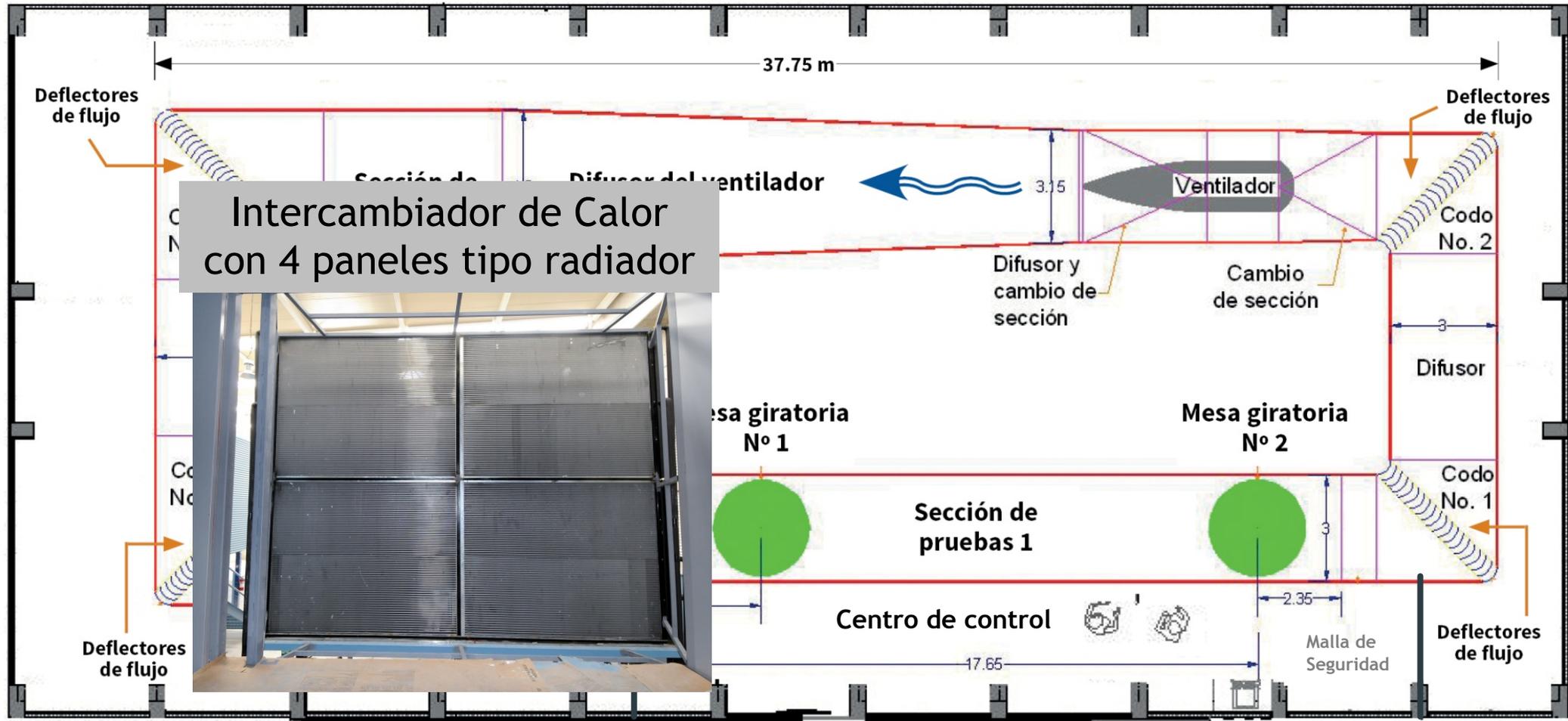
# LemAT Túnel de Viento



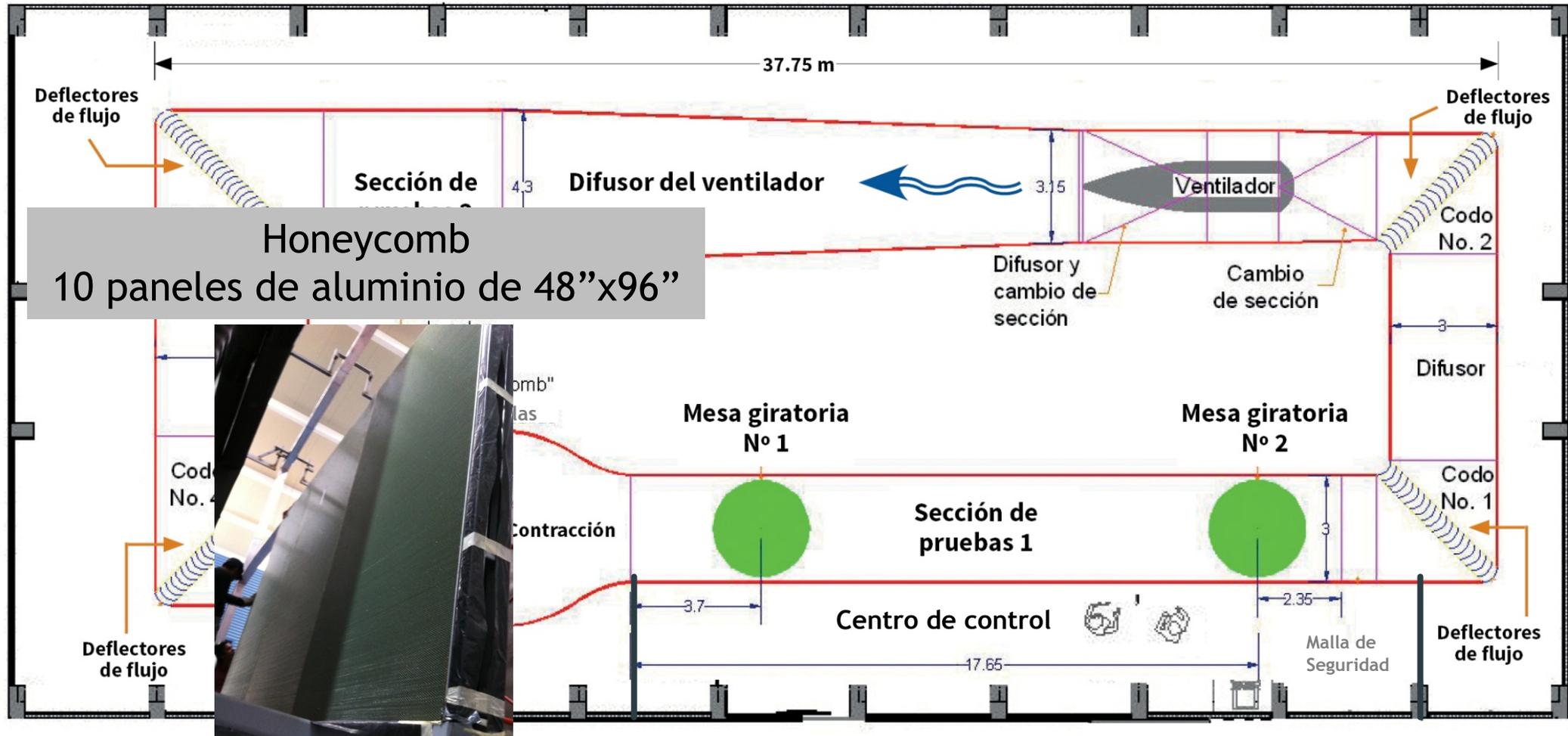
# LemAT Túnel de Viento



# LemAT Túnel de Viento



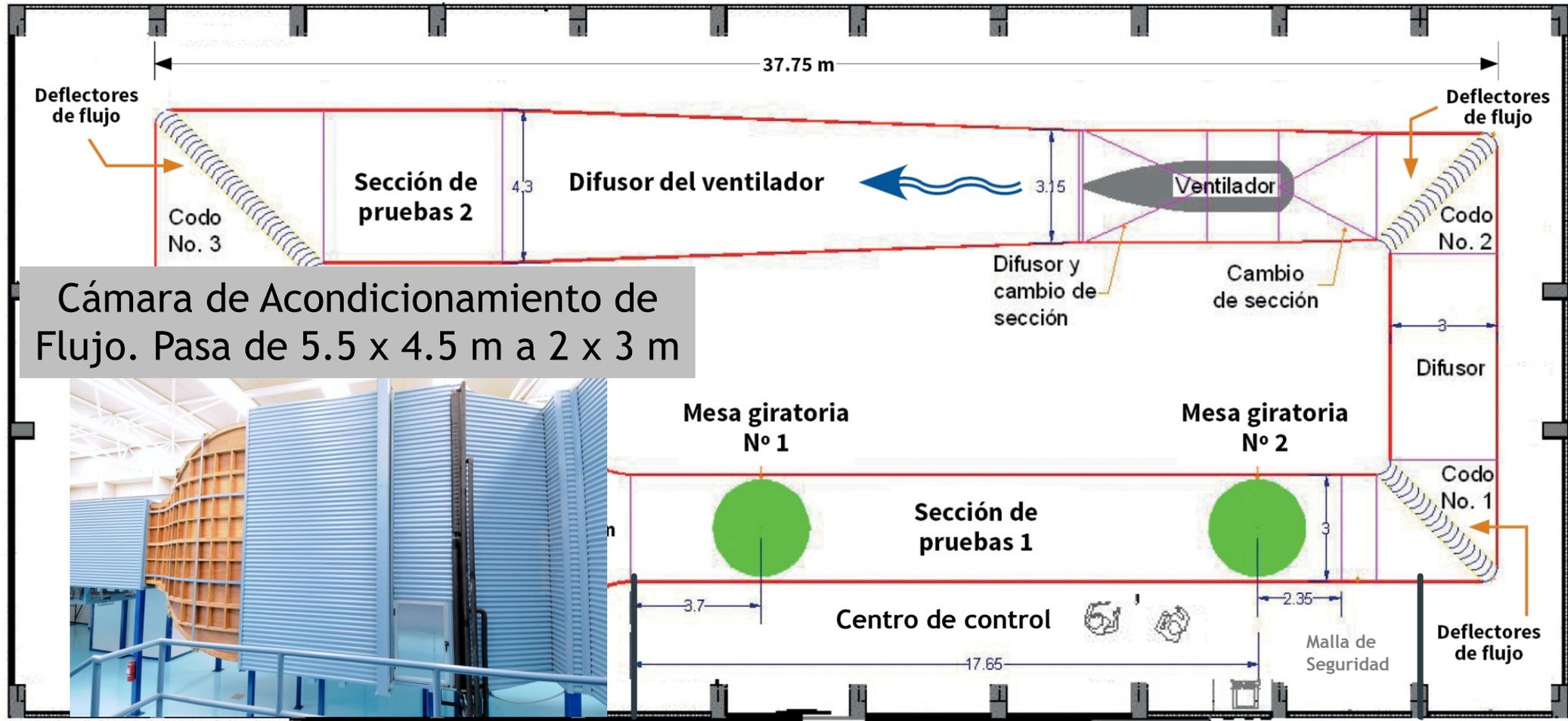
# LemAT Túnel de Viento



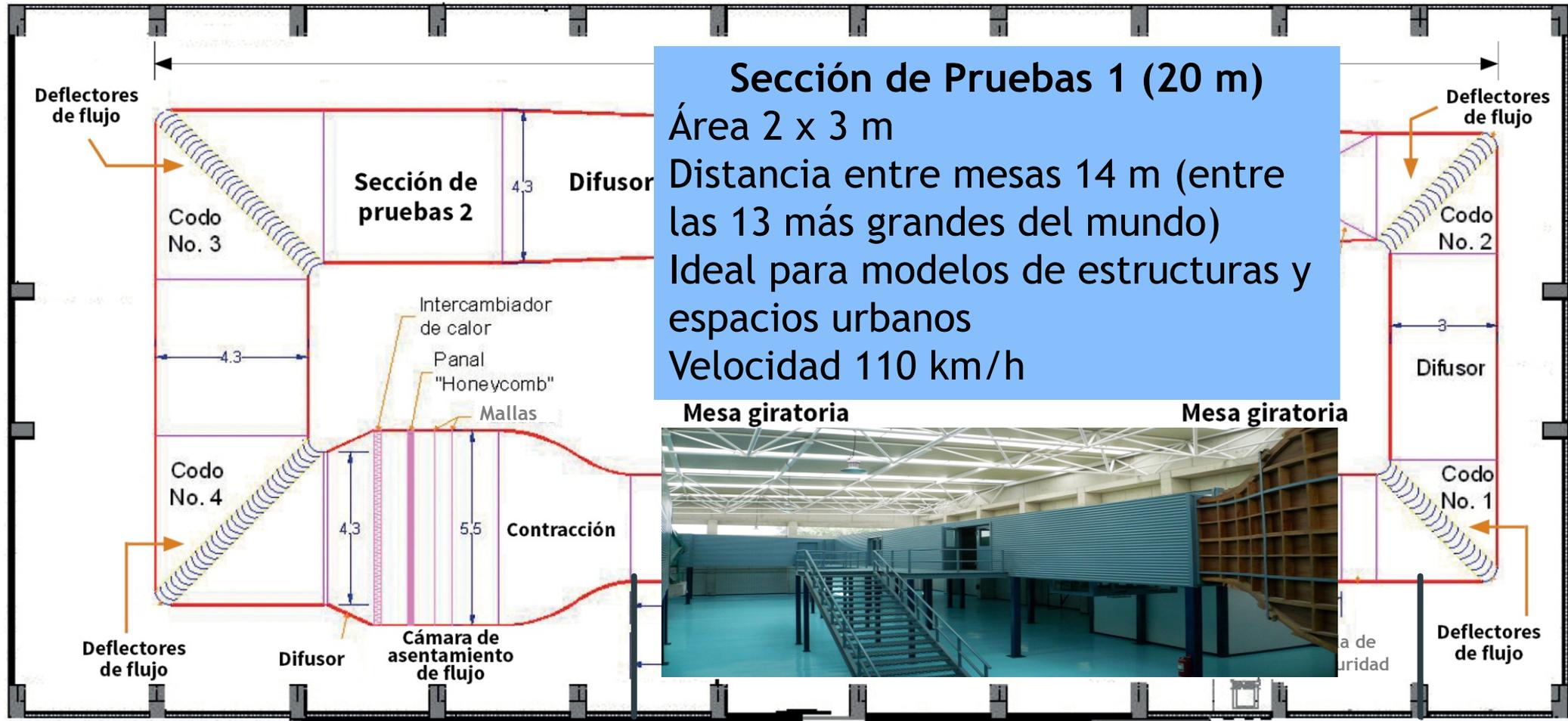
Honeycomb  
10 paneles de aluminio de 48"x96"



# LemAT Túnel de Viento



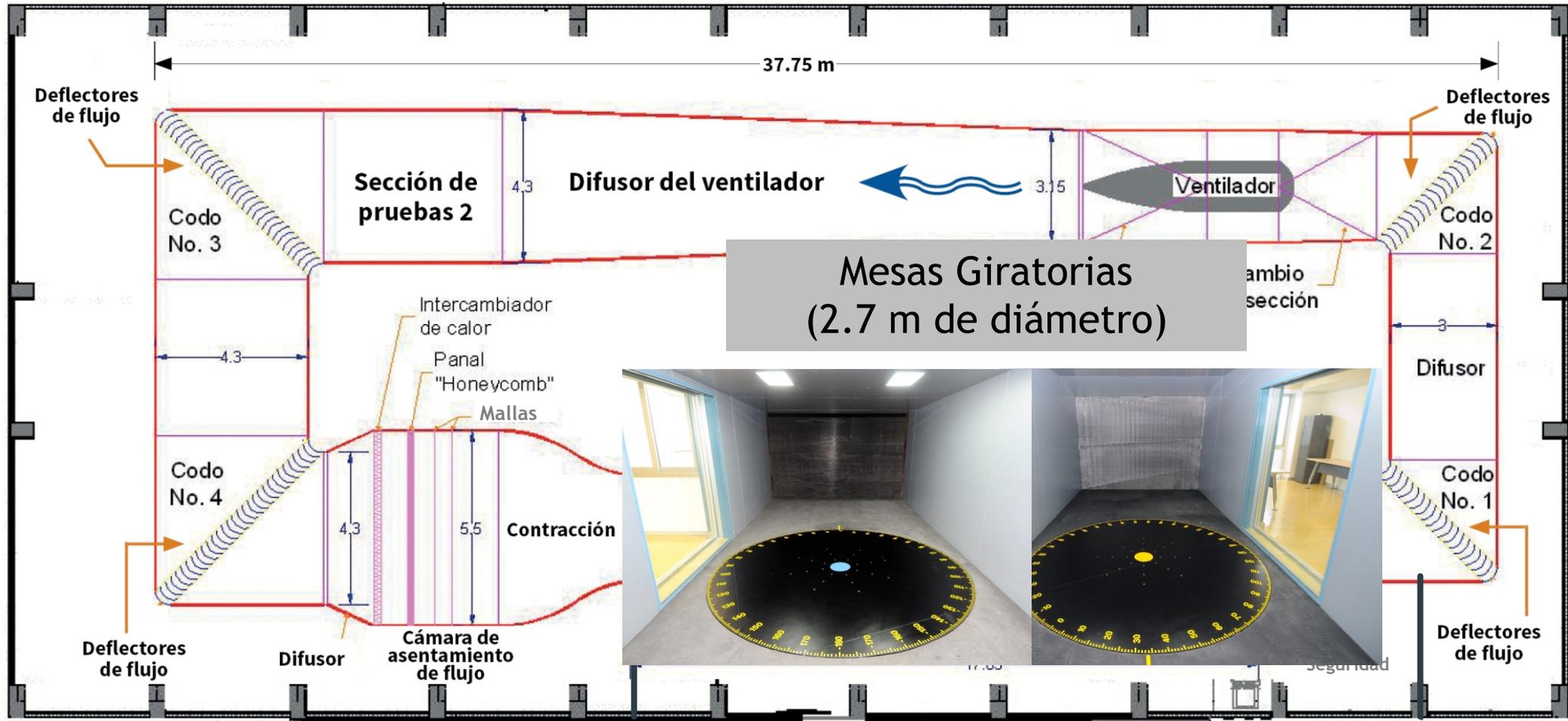
# LemAT Túnel de Viento



**Sección de Pruebas 1 (20 m)**  
**Área 2 x 3 m**  
Distancia entre mesas 14 m (entre las 13 más grandes del mundo)  
Ideal para modelos de estructuras y espacios urbanos  
Velocidad 110 km/h



# LemAT Túnel de Viento



# Contribuciones del Laboratorio de Túnel de Viento (LemAT) de la Alianza FiiDEM

## ➤ Para el Gobierno y las Empresas Privadas:

- Incrementa la **competitividad** de la economía al contar con empresas e ingenieros mejor preparados
- Amplia y fortalece las **capacidades** de grupos técnicos
- Mejora la **confiabilidad del diseño estructural** de las construcciones

## ➤ Para las IES y los estudiantes:

- Apoya la **formación, investigación e innovación** en infraestructura
- Proporciona formación teórico-práctica en un laboratorio de clase mundial

## ➤ Para la ciencia y tecnología del país:

- Desarrolla **conocimiento y tecnología de punta** para resolver problemas nacionales
- Coadyuva al fortalecimiento de la **soberanía nacional** en I+DT+i

# Aplicaciones del Laboratorio de Túnel de Viento de la Alianza FiiDEM

- Formación especializada y multidisciplinaria de personal de IES y empresas
- Desarrollo de Proyectos de Investigación
- Ingeniería Civil y Arquitectura:
  - Aseguramiento de calidad en el diseño estructural
  - Determinación de cargas estáticas y dinámicas del viento sobre puentes, edificios y otras estructuras civiles singulares
  - Determinación de fuerzas, momentos y presiones que actúan sobre perfiles aerodinámicos
  - Efectos del viento en diversos elementos arquitectónicos tales como fachadas, cubiertas, esculturas, etc., para optimizarlas y/o diseñar dispositivos necesarios para soportar y montar dichos elementos
  - Diseño de dispositivos para mitigar los efectos del viento

# LemAT

## Túnel de Viento

### ➤ Convenios con Instituciones Internacionales:

- Texas Tech University, EUA
- Centro de Investigación Interuniversitaria de Aerodinámica de la Construcción e Ingeniería de Viento (CRIACIV, Italia)

### ➤ Proyectos **terminados** o en **ejecución**:

- Nueva Terminal del Aeropuerto de Acapulco, Gro.
- Granja de paneles solares para desarrollo de norma de sujeción
- Prototipo de invernadero para Zacatecas, Zac.
- Telescopio de San Pedro Mártir
- Torre de Espacio Condesa
- Dos edificios en Torre Terret. Polanco

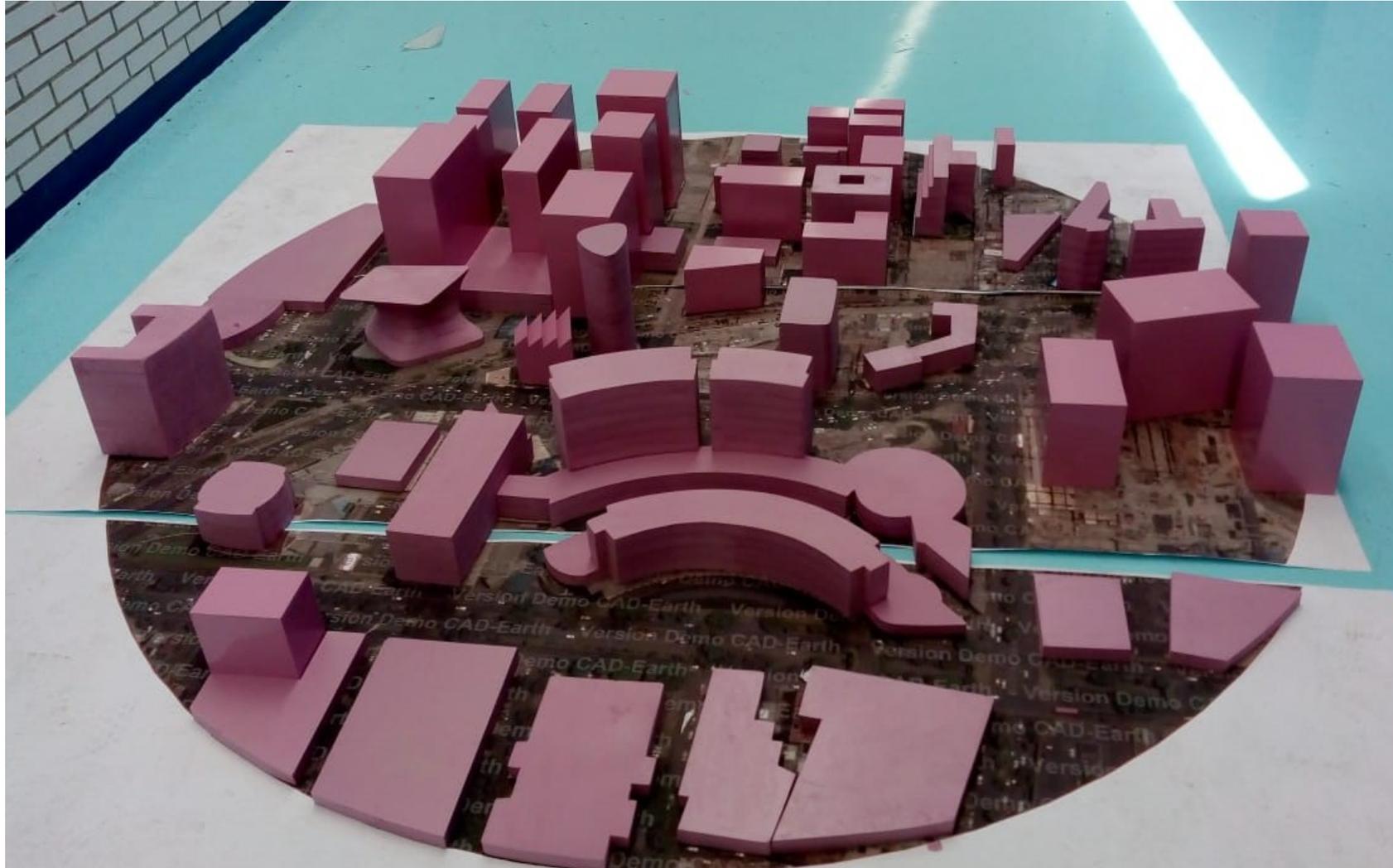
### ➤ **29 Propuestas presentadas (.207 de porcentaje de bateo)**

# LemAT Túnel de Viento



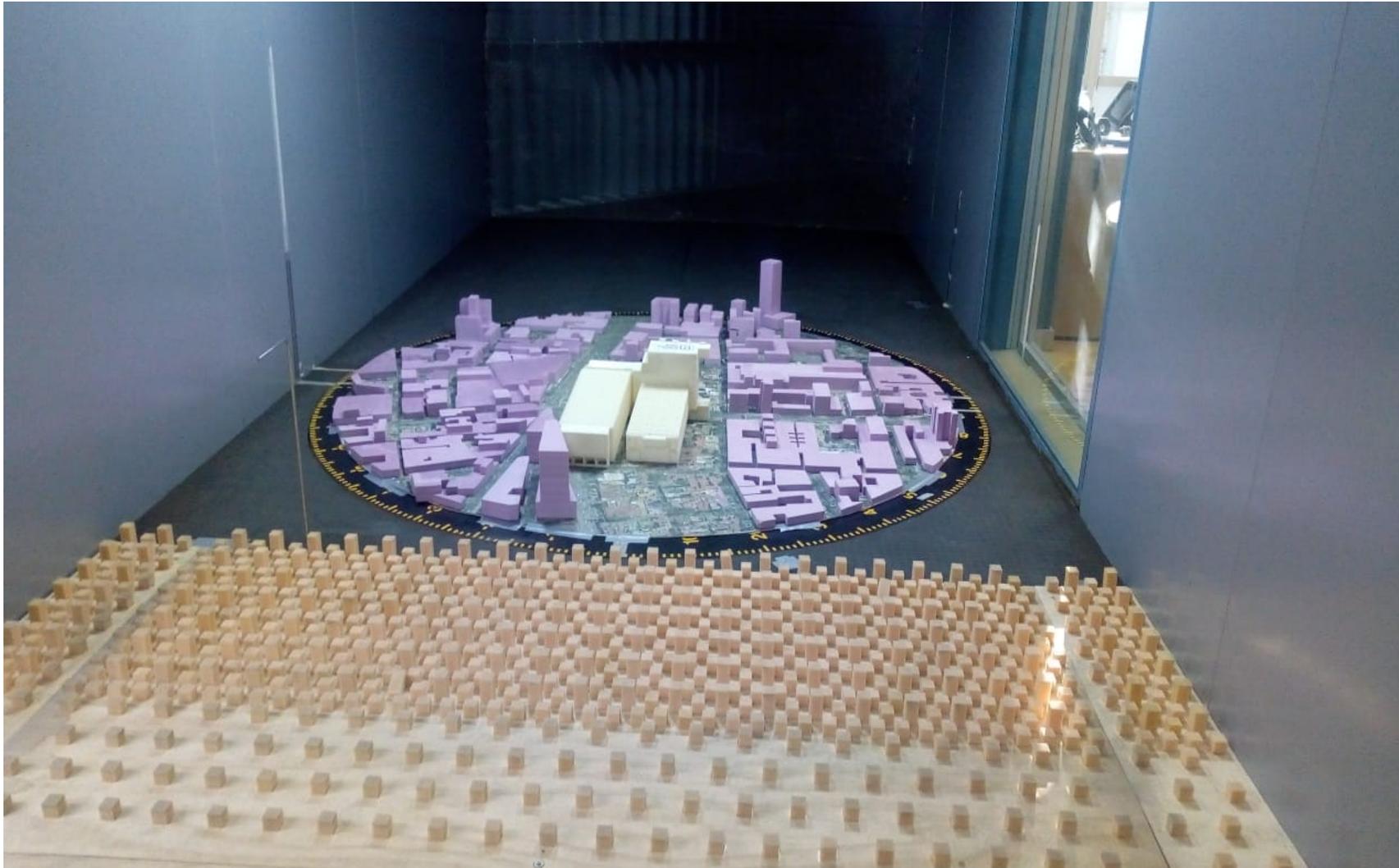
Preparación de  
Modelado de  
Proximidades  
Vista 1

# LemAT Túnel de Viento



Preparación de  
Modelado de  
Proximidades  
Vista 2

# LemAT Túnel de Viento



Montaje del  
Modelo en Túnel  
de Viento, junto  
con los elementos  
rugosos

# Antecedentes de Normatividad

- Normatividad actual: fundamentalmente la NTC Diseño por viento 15 de diciembre de 2017, que recomienda estudios de viento para:
  - Construcciones de forma geométrica poco usual y con características que las hagan particularmente sensibles a los efectos de viento
  - Construcciones de particular importancia
- Propuesta de Normatividad:
  - APROY-NMX-C-001-ONNCCE-2018: Industria de la Construcción - **Diseño por Viento de Edificaciones y Otras Construcciones - Requisitos**
  - APROY-NMX-C-002-ONNCCE-2018: Industria de la Construcción - Industria de la Construcción - **Diseño por Viento de Edificaciones y otras Construcciones - Métodos de ensayo en túnel de viento**

# Norma de Requisitos de Diseño por Viento

## ➤ Principales elementos:

- Clasificación de estructuras de acuerdo a su importancia y a su respuesta ante la acción del viento
- Análisis, cálculo y diseño estructural para construcción, edificaciones, cubiertas, recubrimientos y fachadas
- Precauciones durante la construcción y en estructuras provisionales
- Métodos simplificado y estático para diseño por viento, incluyendo determinación de velocidad de diseño, velocidad regional de ráfaga, factores de variación con la altura y correctivo por topografía y rugosidad, presión de diseño y coeficientes de presión para diferentes casos como:
  - ✓ edificios y construcciones cerradas, paredes aisladas y anuncios, estructuras reticulares, chimeneas, silos, antenas y torres con celosía, así como diseño de elementos de recubrimiento, empujes dinámicos paralelos al viento y efecto de vórtices periódicos sobre estructuras prismáticas
- Definición de cuándo se deben realizar estudios en túnel de viento

# Norma de Requisitos de Métodos de Ensayo en Túnel de Viento

## ➤ Principales elementos:

- Aparatos y equipos
  - ✓ Túnel de viento
  - ✓ Instrumentación de medición
- Preparación de los modelos de prueba
  - ✓ Modelado de edificios o estructuras, con modelos rígidos o aeroelásticos
  - ✓ Modelado de las proximidades
  - ✓ Modelado de la topografía
  - ✓ Consideraciones de la escala geométrica (Principios de similitud)
- Procedimiento para estudios
- Expresión de los resultados
- Informe de la prueba
- Simulación de viento en túneles de viento de capa límite

# Norma de Requisitos de Métodos de Ensayo en Túnel de Viento

## ➤ Resultados de Formación e Investigación:

- El Instituto de Ingeniería de la UNAM ha dirigido 7 tesis de licenciatura, una de maestría y 5 de doctorado, en las que se cubrieron:
  - ✓ Dispositivos para acelerar o reducir la velocidad del viento
  - ✓ Efectos de bloqueo en estructuras
  - ✓ Efectos del viento en paneles solares
  - ✓ Efectos del viento en naves industriales con cubierta tipo arco y diferentes rugosidades en la cubierta
  - ✓ Efectos del viento causados por edificaciones vecinas en Naves Industriales
  - ✓ Naves industriales sometidas a los efectos de viento
  - ✓ Coeficientes de arrastre inducidos por el viento en un cilindro rígido
  - ✓ Modelación con dinámica de fluidos computacional
  - ✓ Simulación y calibración de la capa límite atmosférica estable y neutra
  - ✓ Redes neuronales artificiales para predecir el comportamiento del viento sobre edificios bajos
  - ✓ Estructuras de soporte de aerogeneradores
- Realización de cuatro veranos de la investigación científica
- Evaluación de un prototipo de turbina urbana (IER-UNAM)