



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS EFECTOS DE
BLOQUEO DEL VIENTO EN UNA ESTRUCTURA
ANALIZADA EN TÚNEL DE VIENTO
DE CIRCUITO CERRADO DE CAPA
LÍMITE ATMOSFÉRICA**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

DANIEL DÁVALOS ARRIAGA

TUTOR:

DR. ROBERTO GÓMEZ MARTÍNEZ

COTUTOR:

M. en I. LUIS MARTÍN ARENAS GARCÍA



Febrero 2017

Santa Cruz Acatlán, Naucalpan, Estado de México



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

RESUMEN

En este trabajo se presenta un estudio comparativo del efecto de bloqueo (*modificación de las presiones y succiones debido a la relación entre el área del modelo perpendicular al flujo y la sección de prueba*) en un túnel de viento de circuito cerrado de capa límite atmosférica. Estudios previos han recomendado relaciones de bloqueo generalmente menores a 5%, con la intención de mantener una distancia considerable entre el modelo y las paredes del túnel para evitar un aumento en la velocidad del flujo que altere las mediciones de presiones y succiones. Lo mencionado ha sido estudiado para modelos sólidos que no permiten el flujo a través de ellos. El objetivo de este estudio es probar un modelo en particular, que permite la libre circulación del flujo, con dos relaciones de bloqueo diferentes (3.04% y 7.58%). Los resultados obtenidos de las pruebas muestran en que porcentaje afecta dicha relación a la respuesta de este tipo de modelos.

ÍNDICE

RESUMEN	i
INTRODUCCIÓN	iv
Objetivo	vi
Hipótesis	vi
<u>CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES</u>	1
1.1 Ingeniería de viento	1
1.2 El túnel de viento	2
<u>CAPÍTULO 2: TÚNEL DE VIENTO (FIIDEM-IINGEN)</u>	
Y DESCRIPCIÓN DEL MODELO	5
2.1 Ventilador	6
2.2 Difusor	7
2.3 Álabes guía	8
2.4 Cámara de estabilización	8
2.5 Cono de contracción	9
2.6 Zona de pruebas 1	10
2.7 Mesas giratorias	11
2.8 Descripción del modelo	11

<u>CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA</u>	13
3.1 Construcción e instrumentación del modelo	13
3.2 Registro y proceso de datos	19
<u>CAPÍTULO 4: RESULTADOS</u>	21
4.1 Cubierta	22
4.1.1 Ángulo de incidencia = 160°	22
4.1.2 Ángulo de incidencia = -20°	26
4.2 Pasarela	29
4.2.1 Ángulo de incidencia = 160°	29
4.2.2 Ángulo de incidencia = -20°	31
<u>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS</u>	33
CONCLUSIONES	48
AGRADECIMIENTOS	50
REFERENCIAS	51

INTRODUCCIÓN

En una prueba en túnel de viento, la relación que existe entre la superficie de la parte frontal del modelo perpendicular al flujo, y el área de la sección transversal del túnel se conoce como relación de bloqueo (Rb). Cuanto mayor Rb , mayores serán las magnitudes de presiones y succiones registradas. A esto se le conoce como efecto de bloqueo (*Melbourne, 1982*).

El principal problema del efecto de bloqueo es la alteración de las mediciones de presiones y succiones que se registran producto del efecto “venturi” que puede producirse entre las paredes del túnel y el modelo. Cuando los extremos del modelo se encuentran muy cerca de las paredes del túnel, además de aumentar la velocidad del viento, impiden que el flujo siga su paso en línea recta al chocar con las paredes generando turbulencia (*Hackett, 2003*). Se han buscado soluciones a este problema, una de las más comunes es encontrar una relación entre la escala del modelo y la sección de pruebas del túnel que garantice que el efecto de bloqueo sea despreciable.

Se han realizado diversos estudios para encontrar una relación entre la escala del modelo y la sección de pruebas de un túnel de viento que asegure mediciones correctas. Sin embargo, definir una relación general con la cual se rijan todas las pruebas en túnel de viento es complicado debido a los diferentes tipos de éste. Existen túneles de viento de circuito cerrado y abierto, de baja y alta velocidad, de sección circular y rectangular, etc. Por lo cual cada

túnel tiene características particulares que hacen variar las conclusiones que se obtienen de uno u otro tipo.

Moonen et al. (2006) menciona que uno de los requisitos para obtener mediciones correctas es tener una Rb menor a 5%. Años más tarde, se realizaron pruebas en túnel de viento de circuito cerrado con Rb de 2% y 3.5% sin encontrar diferencias, sin embargo al realizar pruebas con Rb de 8% y 10% encontraron diferencias en los resultados, mismas que se atribuyeron al efecto de bloqueo (Ross y Altman, 2011). La diferencia en los estudios de Ross y Altman se encuentran al pasar de un 3.5% a 8% de Rb pero sin indicar exactamente el punto crítico donde el bloqueo comienza a afectar los resultados. Es por lo anterior que los estudios realizados mencionan la máxima Rb que debe existir como recomendación y no como una constante que se deba aplicar en todos los casos.

De igual forma, a manera de referencia, en el documento de la ASCE, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE/SEI, 2006)*, se indica en su capítulo 6 (*Wind Loads*), que la Rb debe ser menor al 8%. Cabe señalar que generalmente se toman estas referencias con base en estudios de modelos convencionales y que no permiten el flujo a través de ellos. En el caso que se estudia en esta tesis el modelo tiene aberturas que permiten el paso del flujo que genera el túnel de viento y es un modelo de una estructura no convencional. Por esta razón, es importante recalcar que las referencias mencionadas pueden no ser iguales a las que se obtuvieron en este experimento.

En el caso de este estudio, las pruebas se realizarán en un túnel de viento clasificado como subsónico, de circuito cerrado y de capa límite atmosférica. El modelo estudiado en esta tesis se tomó de un proyecto para rehabilitar el edificio terminal de un aeropuerto; el modelo se construyó a escala de 1:100.

El 7.58% de Rb mencionado corresponde al Modelo Completo (Mc), mientras que el 3.04% corresponde al Modelo Parcial (Mp) que es la tercera parte del Mc . Cabe mencionar, que se eligió analizar únicamente la tercera parte del modelo ya que ésta es la más afectada debido a su cercanía con las paredes del túnel.

Objetivo

Determinar las diferencias que existen en las mediciones de presiones y succiones en el túnel de viento, en caso de existir, entre dos modelos con dos relaciones de bloqueo diferentes, 3.04% y 7.58% y de esta forma determinar si se presenta o no el efecto de bloqueo.

Hipótesis

Estudios previos tales como los de Moonen et al. (2006), han recomendado realizar pruebas en túnel de viento con modelos cuya relación de bloqueo sea menor a 5%. Por lo anterior, se espera que al pasar de una prueba con un modelo cuya relación de bloqueo es 3.04% a un 7.58%, se encuentren diferencias en las mediciones de presiones y succiones que se registren, teniendo mayores valores de presión y succión en el modelo de relación de bloqueo de 7.58%.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1. Ingeniería de viento

El nombre de ingeniería de viento fue sugerido en la década de 1950 por el profesor Jack Cermak, refiriéndose a la rama de la ingeniería civil que estudia las cargas en estructuras civiles producidas por el viento (*Davenport, 2002*). Esta disciplina se ha desarrollado a lo largo del tiempo con aportes de ingenieros y científicos interesados en estudiar el viento. El primer trabajo de gran importancia fue realizado por Osborne Reynolds, quien notó la diferencia entre flujo laminar y turbulento en tuberías (*Figura 1*), lo cual provocó que las cargas de viento comenzaran a ser tomadas en cuenta principalmente en puentes. Sin embargo, fue hasta la década de 1960, que el profesor Alan Davenport propone la cadena de las cargas de viento, lo cual permite a esta disciplina tener un concepto mucho más sofisticado de lo que son y cómo afectan a una estructura las cargas de viento (*Baker, 2007*).

Por lo anterior, fue necesario el desarrollo de herramientas que ayudaran a los investigadores a realizar avances en esta disciplina. Mediciones a escalas reales colocando anemómetros en edificios para poder registrar presiones y el desarrollo de reglamentos de viento para construcciones fueron algunas de estas herramientas (*Baker, 2007*). Sin embargo, el túnel de

viento representa la herramienta más importante en la ingeniería de viento, ya que fue utilizado para realizar pruebas de modelos a escala de edificios reales, siendo fundamental para la obtención de los coeficientes de presión y de arrastre, que deben ser tomados en cuenta para el diseño de una estructura (Davenport, 2002).

Actualmente, los avances tecnológicos han permitido desarrollar programas de ingeniería de viento computacional (*CWE*, por sus siglas en inglés) y dinámica de fluidos computacional (*CFD*, también por sus siglas en inglés). Estas herramientas han sido desarrolladas y calibradas por ingenieros de distintas universidades alrededor del mundo para seguir generando aportaciones a la ingeniería de viento. La *CWE* y *CFD* se aplican en conjunto con el túnel de viento para tener mayor certeza de las acciones que genera el viento comparando los resultados de ambas herramientas (Blocken, 2014).

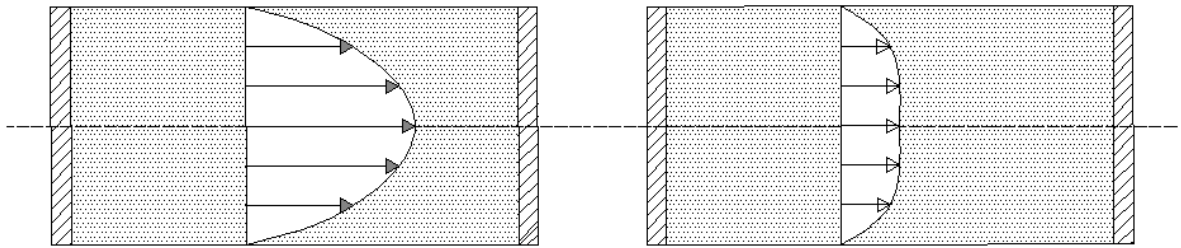


Figura 1: Perfil de velocidades de flujo laminar (perfil izquierdo) y turbulento (perfil derecho), regidos por el número de Reynolds menor a 2400 y mayor a 4000, respectivamente

1.2. El túnel de viento

Un túnel de viento es una herramienta utilizada para conocer los efectos del viento en estructuras civiles (Gómez et al, 2015a). Esta herramienta es de gran ayuda para probar estructuras con geometrías no convencionales en las cuales sea necesario obtener sus respuestas a las acciones del viento, así como conocer las fuerzas aerodinámicas o los coeficientes de presión. Obras importantes como El World Trade Center en New York o la Torre de Sears en Chicago, son dos de los muchos rascacielos que han sido probados en túnel de viento para obtener sus respuestas ante las acciones de este fluido (Isyumov, 2012).

Es importante mencionar que en el túnel de viento se deben simular las características de terreno en las cuales se encuentra una estructura para conocer con mayor certeza las acciones del viento dentro de la capa límite atmosférica. Este último concepto es importante, ya que la distribución de velocidades con respecto a la altura no será la misma en todo tipo de terrenos. Las *Normas Técnicas Complementarias para el diseño por viento del Distrito Federal (NTC-DF-2004)* consideran 4 tipos de terrenos diferentes proporcionales a las obstrucciones que puede encontrar el viento (*Figura 2*). Esto incluye desde lugares sin obstrucciones, hasta ciudades con grandes edificios. De lo anterior, se obtienen factores para conocer la variación de velocidad con respecto a la altura (*Figura 3*).

Para lograr la simulación de la capa límite en túneles de viento se han realizado diversos estudios. *Kozmar (2010)* utiliza rugosidades a diferentes escalas, así como generadores de vórtices para simular los tipos de terreno antes mencionados. *Hunt y Fernholz (1974)* presentan comparativas de estudios de diversas universidades para simular la capa límite en diferentes tipos de túneles de viento.

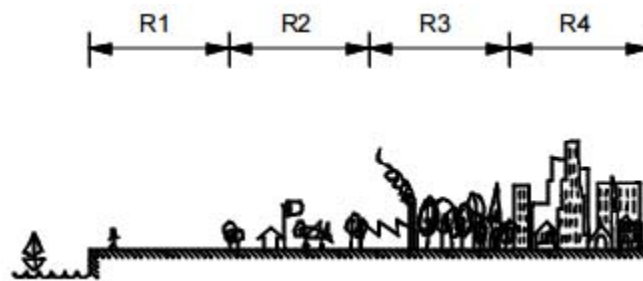


Figura 2: Rugosidades de terreno (NTC-DF-2004)

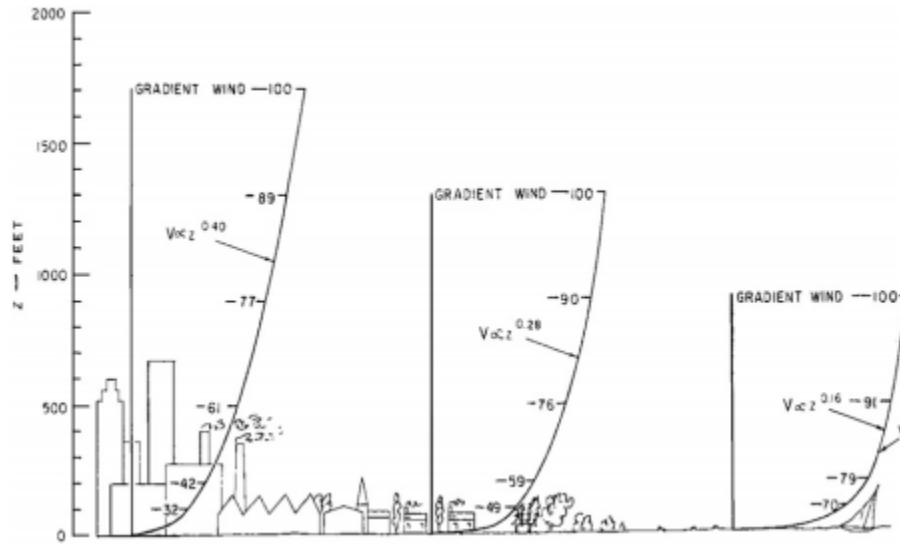


Figura 3: Perfiles de velocidad en diferentes tipos de terreno (Isyumov, 2012)

CAPÍTULO 2

TÚNEL DE VIENTO (*FIIDEM-IINGEN*) Y DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El túnel de viento de colaboración *FIIDEM-IINGEN* (*Formación e Investigación en Infraestructura para el Desarrollo de México – Instituto de Ingeniería de la UNAM*) es de circuito cerrado, de sección rectangular de capa límite atmosférica. Al ser de circuito cerrado, el viento que genera el ventilador fluye recorriendo todo el circuito para posteriormente volver a ser impulsado por el ventilador. Se compone de dos zonas de pruebas, sin embargo, para este estudio se hará uso únicamente de la zona de pruebas 1. La *Figura 4* muestra como se encuentra estructurado el túnel, indicando cada uno de sus principales elementos que se describen a continuación.

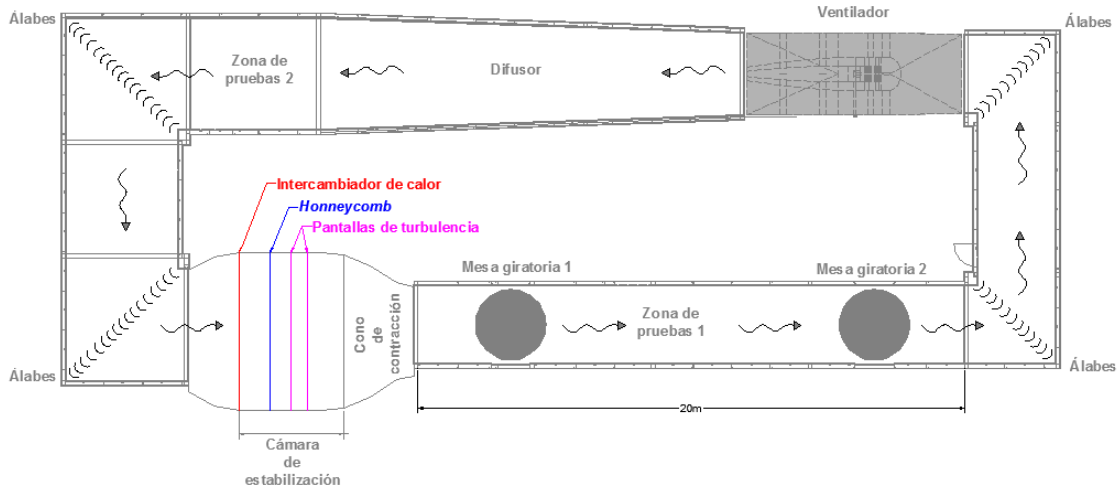


Figura 4: Estructuración del nuevo túnel de viento del IINGEN de la UNAM (vista en planta)

2.1 Ventilador

El ventilador (Figura 5) puede generar viento con una velocidad de hasta $90 \frac{km}{h}$ en la zona de pruebas 1. Las revoluciones por minuto (RPM) a las que giran las hélices son controladas electrónicamente y se tienen registros de las equivalencias entre las revoluciones del ventilador y la velocidad del viento que genera en $\frac{m}{s}$ y $\frac{km}{h}$, para cada sección de pruebas. La Tabla 1 muestra las velocidades de prueba (Gómez et al, 2015a).

Tabla1: Velocidades de prueba del ventilador.

Prueba	Velocidad del ventilador	Velocidad máxima m/s (km/h) en la mesa 2 de la sección de pruebas 1
	RPM	
132rpm	132	5(18)
258rpm	258	10(36)
378rpm	378	15(54)
504rpm	504	20(72)
600rpm	600	24(86.4)



Figura 5: Imagen del ventilador del túnel de viento

2.2 Difusor

La función del difusor (*Figura 6*) colocado inmediatamente después del ventilador, es disminuir la velocidad del viento que es excesivamente turbulento, con la intención de que a la salida del difusor, dicho flujo sea más uniforme y pueda continuar su trayectoria.



Figura 6: Imagen del difusor del ventilador del túnel de viento

2.3 Álabes guía

Los álabes guía (*Figura 7*) tienen la función de guiar el flujo del viento de manera eficiente para evitar las pérdidas de energía. Cabe señalar que los álabes están colocados en las 4 esquinas, ya que es óptimo para asegurar un flujo lineal en la sección de pruebas donde se encuentre el modelo (*Kaiser et al. 2014*).



Figura 7: Imagen de los álabes guía del túnel de viento

2.4 Cámara de estabilización

La cámara de estabilización tiene como función suavizar el flujo. Esto es posible gracias a que dentro de esta cámara se encuentra el panel hexagonal de aluminio “*honeycomb*” de 15 cm de espesor (*Figura 8a*) y dos pantallas de turbulencia (*Figura 8b*) cuya combinación estabiliza notablemente el flujo (*Leorhke y Nagib, 1976*).

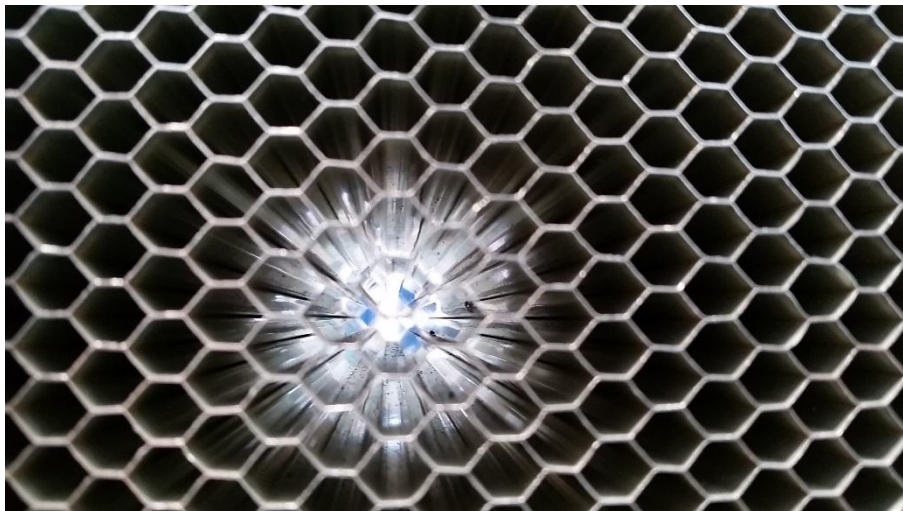


Figura 8a: Panel hexagonal de aluminio (honeycomb)



Figura 8b: Pantalla de turbulencia colocada antes del cono de contracción

2.5 Cono de contracción.

A la salida de la cámara de estabilización, se encuentra el cono de contracción (*Figura 9*) cuya función es aumentar la velocidad del flujo para que finalmente llegue a la zona de prueba en la que se encuentra el modelo.



Figura 9: Cono de contracción

2.6 Zona de pruebas 1

La zona de pruebas 1 (*Figura 10*) tiene 2 m de alto x 3 m de ancho y una longitud de 20 m. En esta zona se simula la capa límite atmosférica y se hacen las pruebas para obtener los datos de las acciones del viento sobre los modelos a escala colocados en las mesas giratorias de esta sección.



Figura 10: Zona de pruebas 1

2.7 Mesas giratorias

El túnel cuenta con dos mesas giratorias (*Figura 11*) separadas 14 m entre sí. Estas mesas pueden girar 360° para conocer las acciones del viento en diferentes ángulos de incidencia. Las mesas son manipuladas electrónicamente.



Figura 11: Mesas giratorias donde se colocan los modelos a escala

2.8 Descripción del modelo

El modelo analizado (*Figura 12*), corresponde al edificio terminal del aeropuerto; la escala usada fue 1:100 y se conforma de dos partes principalmente:

- 1) La parte externa.- se compone de 15 arcos separados 12 cm entre sí que unidos forman un semicilindro (*Cubierta*) para una longitud total del *Mc* de 180 cm, 62 cm de ancho y 25 cm de altura, para el *Mp* la longitud es de 73 cm, además de 3 pasarelas, dos de ellas ubicadas en los extremos y una en la parte central (*para el Mp se utilizó solo una pasarela*).

- 2) La parte interna.- se compone de una sola pieza que igualmente forma un semicilindro (*Cúpula interna*) de 155 cm de longitud para el M_c y 50 cm para el M_p .

Es importante indicar que la parte externa es la que permite el paso del viento, mientras que la parte interna es cerrada y no permite la libre circulación del flujo.

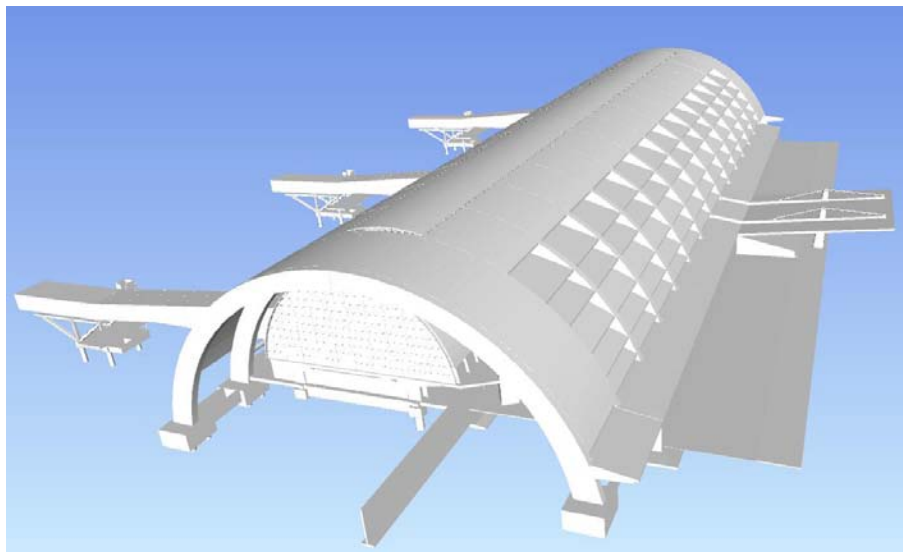


Figura 12: Modelo virtual en 3d del aeropuerto en estudio

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

El procedimiento a seguir para realizar las pruebas en el túnel de viento se detalla a continuación en orden cronológico.

3.1 Construcción e instrumentación del modelo

La construcción del modelo se realizó mediante técnica de manufactura aditiva utilizando la tecnología de Modelado de Deposición Fundida (*Gómez et al, 2015b*), tanto para la cubierta como las pasarelas (*parte externa del modelo*). La parte interna del modelo (*cúpula*) fue fabricada con acrílico por personal del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

La unión de las piezas se realizó cuidadosamente, uniendo los arcos como se muestra en la *Figura 13*. El modelo fue colocado sobre una base de madera para asegurar su conexión por medio de tornillos a las mesas giratorias del túnel. La cúpula interna fue adherida al modelo con pegamento. Posteriormente, se colocaron taludes alrededor del modelo para representar la topografía aledaña, la que puede influir en las presiones que se obtienen en el modelo.



Figura 13: Unión de los arcos del modelo por medio de las tabletas

Para la instrumentación, el personal del IIUNAM determinó la localización de los puntos de mayor presión con base en análisis preliminares de la terminal aérea (Gómez *et al*, 2015b). Para el caso de este estudio, se centrará la descripción al denominado Bloque 3 (*cubierta*), que cuenta con 128 puntos de registro (Figuras 14a y b) y la pasarela derecha que cuenta con 32 puntos de registro (Figura 15). La cúpula interna no es tomada en cuenta para los análisis de esta tesis, por lo que no fue instrumentada, sin embargo si fue colocada en el *Mp* para poder realizar un mejor análisis comparativo. Una vez definidos los puntos, se colocaron líneas de lectura para los registros de presión (Figuras 16a y b). Las Figuras 17a y b muestra la presentación final del *Mc*, y la presentación final del *Mp*.

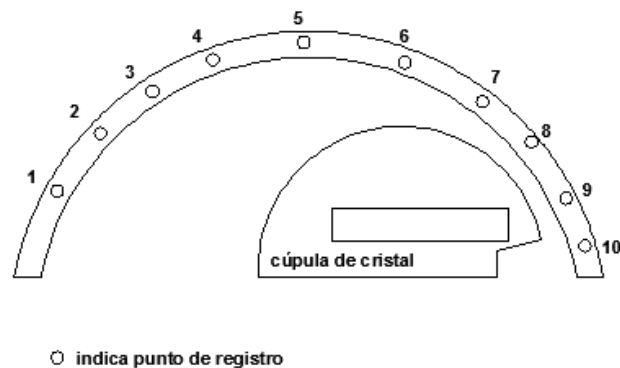


Figura 14a: Numeración de los puntos de registro ubicados en la parte frontal (cara) de la cubierta

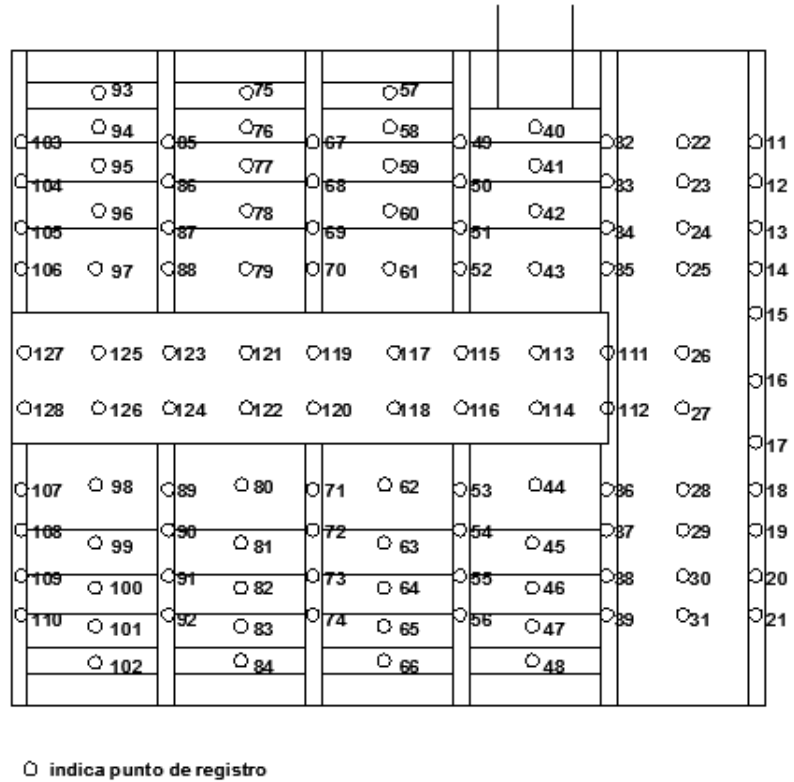


Figura 14b: Numeración de los puntos de registro ubicados a lo largo de la cubierta

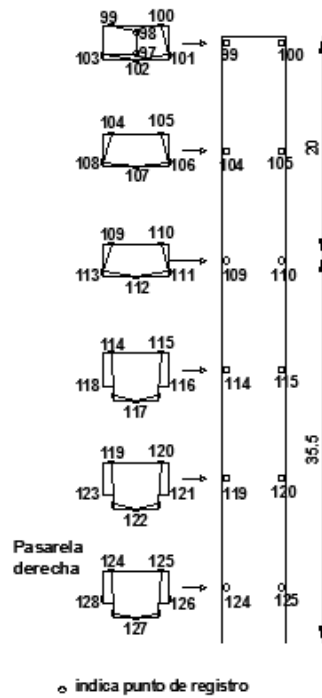


Figura 15: Numeración de los puntos de registro ubicados a lo largo de la pasarela



Figura 16a: Colocación de las líneas de lectura en las tabletas de cada arco

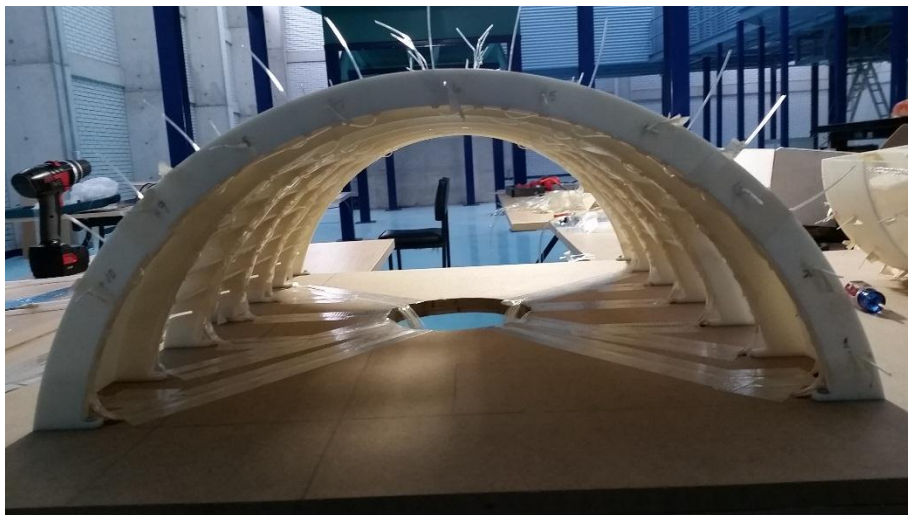


Figura 16b: Líneas de lectura colocadas en el modelo sobre la tabla de madera

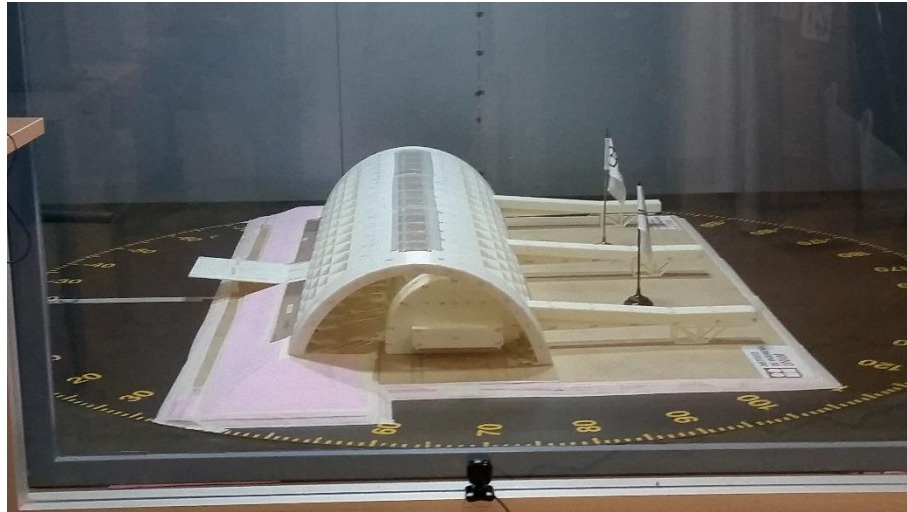


Figura 17a: Modelo Completo (Mc)

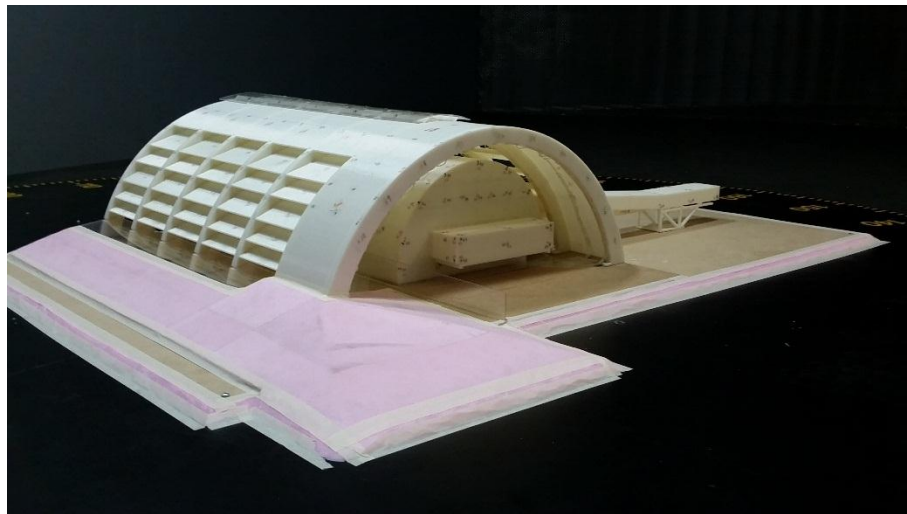


Figura 17b: Modelo Parcial (Mp)

Es importante mencionar que la colocación de los modelos sobre las mesas giratorias cuenta con un desfase de -20° . Es decir, la posición de la mesa giratoria en la cual el modelo se encuentra perpendicular al flujo del viento es -20° . De igual forma, la otra posición de la mesa giratoria en la cual el modelo se encontrará perpendicular al flujo es 160° . Las Figuras 18a y b muestran la posición del modelo y el ángulo de desfase de la mesa giratoria para cada caso.

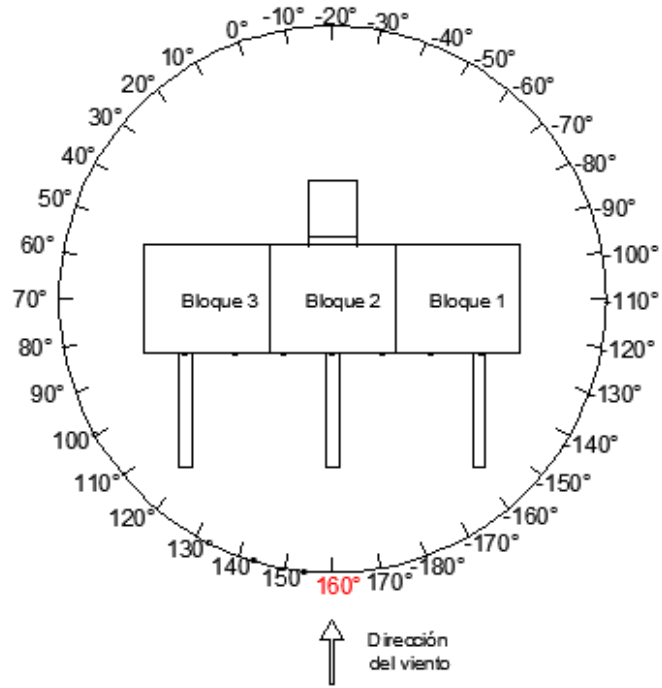


Figura 18a: Desfase de la mesa giratoria para la posición de 160°

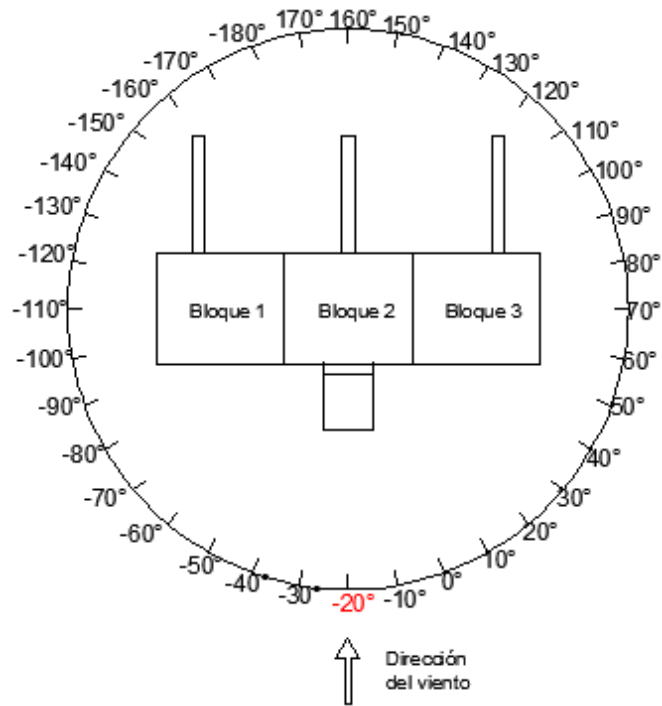


Figura 18b: Desfase de la mesa giratoria para la posición de -20°

3.2 Registro y proceso de datos

Para el registro de las historias de presión, cada uno de los puntos de lectura fueron conectados a módulos de escaneo de presiones llamados *Zocs*. El túnel cuenta con 4 *Zocs*, cada uno con 32 canales de lectura (*Figuras 19a y b*). Estos canales registran las historias de presión y succión mediante el sistema de registro integrado APPTV2015 desarrollado en la plataforma *LabView* (*Gómez et al, 2015a*). Dichos registros se muestran en la *Figura 20*, en la cual se incluye una gráfica que indica el sensor de registro en el eje de las ordenadas y las presiones o succiones registradas, en Pascales, en el eje de las abscisas.

Para este trabajo, el ventilador se programó a 195 RPM ($\approx 6 \frac{m}{s}$) y se simuló un flujo suave con una intensidad de turbulencia (*I*) de 3% aproximadamente. Se realizaron las pruebas durante 5 minutos en cada uno de los ángulos de incidencia. Se utilizó una frecuencia de muestreo de 40Hz, por lo que el programa registró 12,000 datos de presiones y/o succiones aproximadamente. Esta información fue procesada por medio de una programación Macro bajo el entorno *VBA* (*Visual Basic for Applications*), la cual fue diseñada para comparar los resultados del *Mc* y *Mp*.



Figura 19a: Líneas de lectura conectadas a 1 Zoc de 32 canales

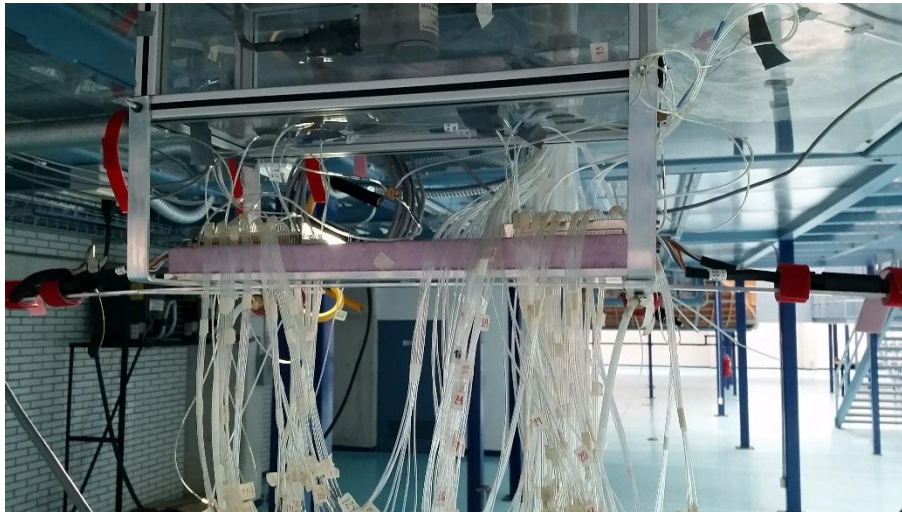


Figura 19b: Líneas de lectura conectadas a los 4 Zocs

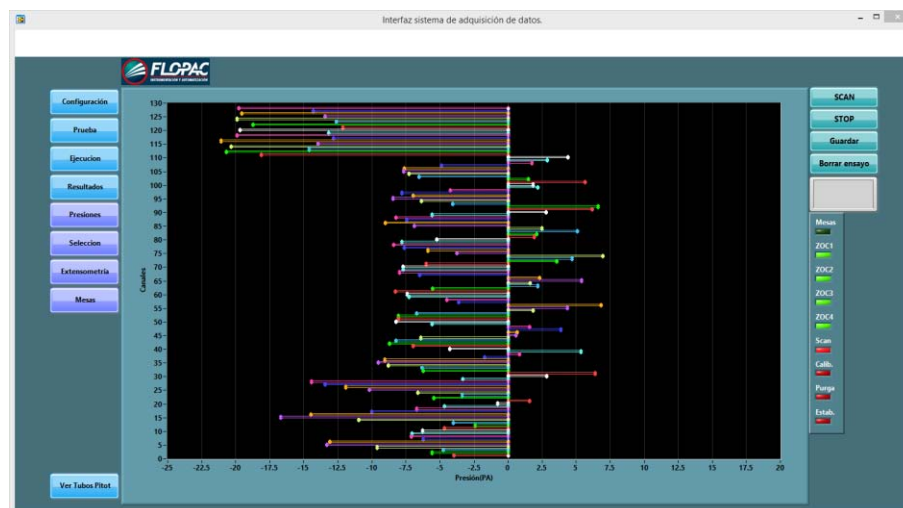


Figura 20: Registros de presiones o succiones el sistema de registro integrado APPTV2015

Los resultados de estas pruebas se muestran en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

A continuación se muestran las mediciones obtenidas del túnel de viento. Las *Tablas 2a* hasta *7b* contienen tres columnas, las cuales significan lo siguiente:

- *Canal*: Esta columna contiene el número de los 32 canales de cada *Zoc*. Las tablas indican en su parte superior a que *Zoc* pertenecen dichos canales.
- *Punto*: Esta columna indica el punto de registro, que en el caso de la cubierta son los indicados en las *Figuras 14a* y *b*, y en el caso de la pasarela, son los indicados en la *Figura 15*.
- *Media*: Finalmente, esta columna indica la media de las historias de presión registradas. Estos valores están en Pascales (*Pa*).

Se muestran los resultados de la parte externa del modelo como son la cubierta y la pasarela. Para estas partes del modelo se registraron primero los resultados correspondientes al ángulo de incidencia de 160° y posteriormente de -20° . Para cada ángulo, se muestran primero los resultados obtenidos del *Mc* y posteriormente los obtenidos del *Mp*.

Las Figuras 21a y b; y 22a y b, representan al Mc (lado izquierdo) y al Mp (lado derecho). En cada caso, se resalta con calidad de línea el Bloque 3 en el caso de la cubierta y la pasarela según sea la prueba. Se indica igualmente con una flecha la dirección del viento generado por el ventilador.

La expresión matemática para obtener la Rb en cada modelo es la siguiente:

1) $Rb(Mc) = \frac{A_{mc}}{A_t} = \frac{182 \cdot 25 \text{ cm}^2}{300 \cdot 200 \text{ cm}^2} = 7.58\%$, donde $Rb(Mc)$ es la relación de bloqueo del modelo completo, A_{mc} es el área del modelo completo perpendicular a la dirección del flujo y A_t es la sección transversal del túnel en la zona de pruebas 1.

2) $Rb(Mp) = \frac{A_{mp}}{A_t} = \frac{73 \cdot 25 \text{ cm}^2}{300 \cdot 200 \text{ cm}^2} = 3.04\%$, donde $Rb(Mp)$ es la relación de bloqueo del modelo parcial, A_{mp} es el área del modelo parcial perpendicular a la dirección del flujo y A_t es la sección transversal del túnel en la zona de pruebas 1.

Los registros de las diferencias entre el Mc y Mp para determinar si existe modificación en las presiones y/o succiones por efecto de bloqueo, se encuentran más adelante en el Análisis de resultados.

4.1 Cubierta

4.1.1 Ángulo de incidencia = 160°

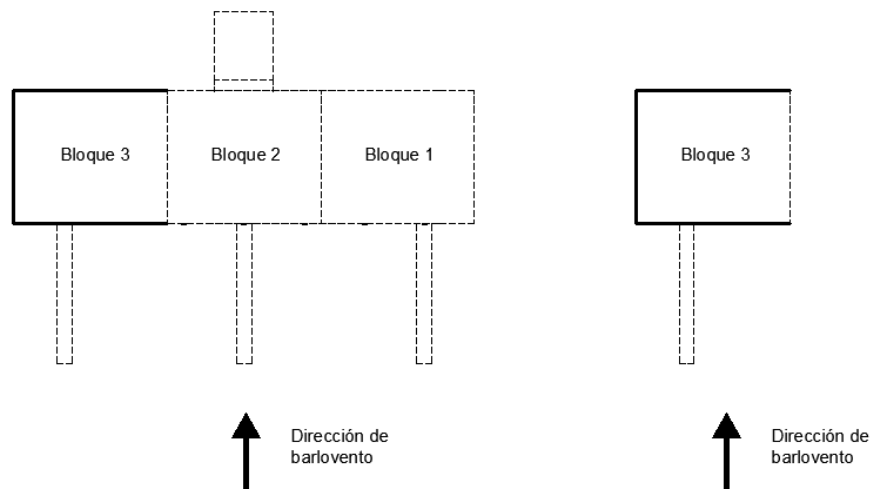


Figura 21a: Ángulo de incidencia de 160° en las pruebas de la cubierta

• **Modelo Completo(Mc)**

Tabla 2a: Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 1 para el Mc de la cubierta a 160°

Zoc1											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	1	-5.9629377	ch9	9	-7.68555974	ch17	17	-12.4986905	ch25	25	-12.4824189
ch2	2	-4.47617312	ch10	10	-5.63942809	ch18	18	-10.2725896	ch26	26	-14.8889426
ch3	3	-6.27361237	ch11	11	1.0006586	ch19	19	-8.45926254	ch27	27	-15.0060306
ch4	4	-6.47134217	ch12	12	-3.61917516	ch20	20	-7.68616289	ch28	28	-10.8730384
ch5	5	-6.37672053	ch13	13	-5.24442359	ch21	21	-6.73215324	ch29	29	-8.27011041
ch6	6	-8.21026544	ch14	14	-6.78356253	ch22	22	8.2740042	ch30	30	-7.33309994
ch7	7	-10.234532	ch15	15	-10.011027	ch23	23	2.87768154	ch31	31	-6.54884856
ch8	8	-9.25846498	ch16	16	-12.708107	ch24	24	-3.17789816	ch32	32	7.09189493

Tabla 2b: Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 2 para el Mc de la cubierta a 160°

Zoc2											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	33	2.83129441	ch9	41	0.01032402	ch17	49	2.62883842	ch25	57	9.79575111
ch2	34	-1.1299224	ch10	42	-3.71492115	ch18	50	2.53030887	ch26	58	7.91650801
ch3	35	-12.1492906	ch11	43	-11.7512672	ch19	51	3.64422658	ch27	59	-1.65148628
ch4	36	-10.3014433	ch12	44	-9.57526479	ch20	52	-10.1394006	ch28	60	-3.49941446
ch5	37	-7.90914528	ch13	45	-7.1180734	ch21	53	-8.79088167	ch29	61	-9.76411191
ch6	38	-6.78031165	ch14	46	-6.55278618	ch22	54	-8.4532834	ch30	62	-8.2658875
ch7	39	-6.21310442	ch15	47	-5.64483227	ch23	55	-7.58208061	ch31	63	-7.11486345
ch8	40	7.81775034	ch16	48	-5.14866645	ch24	56	-6.06058575	ch32	64	-6.77509261

Tabla 2c: Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 3 para el Mc de la cubierta a 160°

Zoc3											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	65	-5.70049248	ch9	73	-7.81460821	ch17	81	-7.73079648	ch25	89	-8.65559661
ch2	66	-4.29249903	ch10	74	-7.11214641	ch18	82	-6.87238458	ch26	90	-8.5982113
ch3	67	0.13286913	ch11	75	7.42343735	ch19	83	-6.79226808	ch27	91	-7.66065147
ch4	68	1.54058221	ch12	76	4.81329033	ch20	84	-4.29907656	ch28	92	-6.41684606
ch5	69	0.01369315	ch13	77	-4.42685204	ch21	85	-2.40255946	ch29	93	6.94957209
ch6	70	-10.3449009	ch14	78	-5.65659697	ch22	86	-0.24051844	ch30	94	3.23148677
ch7	71	-9.51401742	ch15	79	-12.4576738	ch23	87	-0.92320846	ch31	95	-4.03046543
ch8	72	-9.1815599	ch16	80	-8.95004281	ch24	88	-12.9341593	ch32	96	-6.51189186

Tabla 2d: Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 4 para el Mc de la cubierta a 160°

Zoc4											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	97	-9.79508298	ch9	105	1.12515747	ch17	113	-27.2551205	ch25	121	-26.9132493
ch2	98	-7.09374642	ch10	106	-10.6073625	ch18	114	-23.9455725	ch26	122	-21.9642714
ch3	99	-6.56518309	ch11	107	-6.97622597	ch19	115	-28.0312567	ch27	123	-26.5632423
ch4	100	-5.77193982	ch12	108	-6.60889216	ch20	116	-24.1923375	ch28	124	-21.2695153
ch5	101	-4.65785125	ch13	109	-6.2650284	ch21	117	-28.5751939	ch29	125	-26.1404944
ch6	102	-2.99522352	ch14	110	-5.20257826	ch22	118	-22.5932581	ch30	126	-21.7880752
ch7	103	-1.0632859	ch15	111	-22.739836	ch23	119	-28.6958873	ch31	127	-25.7631538
ch8	104	0.23806621	ch16	112	-21.6961487	ch24	120	-22.0603632	ch32	128	-21.2256807

- **Modelo Parcial (Mp)**

Tabla 3a: Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 1 para el Mp de la cubierta a 160°

Zoc1											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	1	-7.23414279	ch9	9	-6.08406334	ch17	17	-12.1744999	ch25	25	-10.5893231
ch2	2	-5.25155166	ch10	10	-5.8298461	ch18	18	-9.77016714	ch26	26	-12.942363
ch3	3	-5.99826051	ch11	11	1.1201441	ch19	19	-7.69909774	ch27	27	-12.4716329
ch4	4	-6.34743359	ch12	12	0.01166104	ch20	20	-6.43040179	ch28	28	-9.45816946
ch5	5	-6.73026681	ch13	13	-3.49245108	ch21	21	-6.71418935	ch29	29	-7.22987064
ch6	6	-8.7367639	ch14	14	-6.63959303	ch22	22	6.61237025	ch30	30	-6.30946112
ch7	7	-9.98614052	ch15	15	-8.90598085	ch23	23	3.05924063	ch31	31	-5.5865674
ch8	8	-8.89818336	ch16	16	-12.3106218	ch24	24	-2.59606989	ch32	32	6.15720478

Tabla 3b: Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 2 para el Mp de la cubierta a 160°

Zoc2											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	33	2.4623921	ch9	41	0.60217443	ch17	49	2.23535028	ch25	57	7.08393558
ch2	34	-1.61490835	ch10	42	-2.16876843	ch18	50	1.81000059	ch26	58	6.04304813
ch3	35	-10.2156715	ch11	43	-9.87919765	ch19	51	0.19329313	ch27	59	-1.24213592
ch4	36	-11.923318	ch12	44	-9.86014807	ch20	52	-8.98427182	ch28	60	-2.89638805
ch5	37	-8.00323063	ch13	45	-7.31790998	ch21	53	-9.78799831	ch29	61	-9.1580054
ch6	38	-5.77390493	ch14	46	-5.92005985	ch22	54	-8.74783291	ch30	62	-9.02508156
ch7	39	-6.31091603	ch15	47	-5.23794896	ch23	55	-7.18422831	ch31	63	-7.97337777
ch8	40	5.53625839	ch16	48	-5.39928534	ch24	56	-5.57071326	ch32	64	-5.99073148

Tabla 3c: Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 3 para el Mp de la cubierta a 160°

Zoc3											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	65	-3.95637418	ch9	73	-6.5375984	ch17	81	-6.90139783	ch25	89	-7.88903156
ch2	66	-2.66036479	ch10	74	-5.06217656	ch18	82	-5.49986472	ch26	90	-8.03277265
ch3	67	2.61765411	ch11	75	8.32270505	ch19	83	-4.41513602	ch27	91	-6.27517024
ch4	68	2.44130377	ch12	76	7.2939236	ch20	84	-2.66344018	ch28	92	-4.66262278
ch5	69	1.04448644	ch13	77	-1.41984718	ch21	85	3.29553907	ch29	93	9.01278099
ch6	70	-8.56363636	ch14	78	-2.43065676	ch22	86	2.10734408	ch30	94	8.38206987
ch7	71	-8.25113033	ch15	79	-8.0280017	ch23	87	1.64754035	ch31	95	0.00835899
ch8	72	-8.01200745	ch16	80	-7.80863765	ch24	88	-8.41718523	ch32	96	-1.44687897

Tabla 3d: Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 4 para el Mp de la cubierta a 160°

Zoc4											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	97	-9.48657246	ch9	105	1.85378923	ch17	113	-24.3409411	ch25	121	-29.2620587
ch2	98	-9.64117977	ch10	106	-9.03294142	ch18	114	-22.9626827	ch26	122	-23.7751021
ch3	99	-8.56844834	ch11	107	-9.7177512	ch19	115	-25.9364093	ch27	123	-28.9922108
ch4	100	-6.55259813	ch12	108	-8.55453268	ch20	116	-23.8621193	ch28	124	-25.1954577
ch5	101	-4.68214242	ch13	109	-6.5409108	ch21	117	-27.2319716	ch29	125	-28.3966078
ch6	102	-3.21431406	ch14	110	-4.35722948	ch22	118	-24.5270888	ch30	126	-25.8571325
ch7	103	3.97336052	ch15	111	-19.8512819	ch23	119	-27.2217666	ch31	127	-27.5356894
ch8	104	3.35222123	ch16	112	-19.4286653	ch24	120	-22.8038048	ch32	128	-25.8226189

4.1.2 *Ángulo de incidencia = -20°*

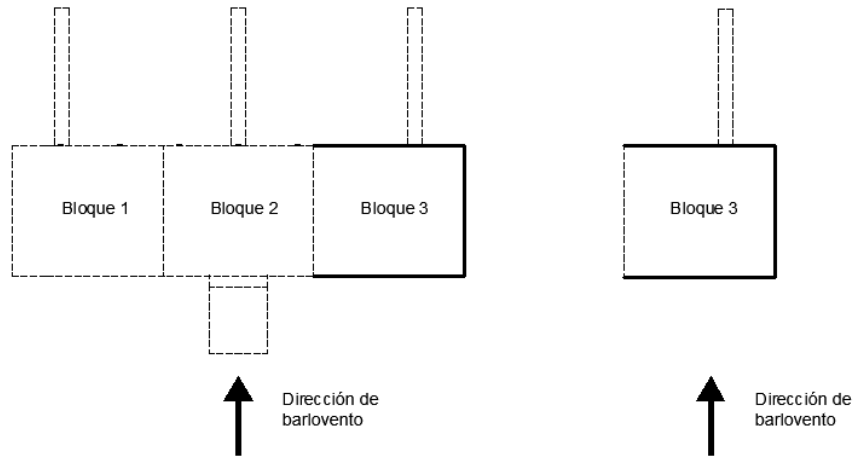


Figura 21b: *Ángulo de incidencia de -20° en las pruebas de la cubierta*

- **Modelo Completo (Mc)**

Tabla 4a: *Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 1 para el Mc de la cubierta a -20°*

Zoc1											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	1	-6.18369719	ch9	9	-3.36948692	ch17	17	-9.25217141	ch25	25	-10.5786318
ch2	2	-8.68016027	ch10	10	-3.22007748	ch18	18	-6.01427361	ch26	26	-13.1757488
ch3	3	-9.34576022	ch11	11	-7.93920528	ch19	19	-4.48621519	ch27	27	-13.6956877
ch4	4	-10.3183449	ch12	12	-8.35310996	ch20	20	-0.88566351	ch28	28	-11.0381003
ch5	5	-13.1871692	ch13	13	-8.66586875	ch21	21	2.09941439	ch29	29	-2.96910259
ch6	6	-9.64045561	ch14	14	-10.6785539	ch22	22	-7.7221952	ch30	30	1.56501788
ch7	7	-7.15655486	ch15	15	-12.6116905	ch23	23	-7.22139421	ch31	31	7.55347912
ch8	8	-4.80217943	ch16	16	-12.122271	ch24	24	-8.06994285	ch32	32	-7.14165492

Tabla 4b: Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 2 para el Mc de la cubierta a -20°

Zoc2											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	33	-7.29218585	ch9	41	-8.26984013	ch17	49	-7.25983986	ch25	57	-3.57277123
ch2	34	-8.93131686	ch10	42	-9.63122199	ch18	50	-10.2826263	ch26	58	-5.1663197
ch3	35	-10.9387306	ch11	43	-11.5399505	ch19	51	-10.2673451	ch27	59	-9.32577676
ch4	36	-9.72138092	ch12	44	-7.62542586	ch20	52	-10.657652	ch28	60	-8.42638769
ch5	37	-3.48965156	ch13	45	1.29606936	ch21	53	-7.27294495	ch29	61	-9.96606474
ch6	38	3.32337166	ch14	46	2.28959246	ch22	54	1.38133681	ch30	62	-5.58029132
ch7	39	7.62353061	ch15	47	6.60844071	ch23	55	4.44328777	ch31	63	3.32926316
ch8	40	-6.35844241	ch16	48	2.3963961	ch24	56	6.97503949	ch32	64	4.60398106

Tabla 4c: Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 3 para el Mc de la cubierta a -20°

Zoc3											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	65	7.69015076	ch9	73	2.62745438	ch17	81	3.72708284	ch25	89	-4.24382547
ch2	66	6.07369363	ch10	74	7.44427691	ch18	82	5.00762303	ch26	90	1.34398312
ch3	67	-8.28218117	ch11	75	-4.45449873	ch19	83	7.07953277	ch27	91	4.82145297
ch4	68	-10.4117283	ch12	76	-6.21911094	ch20	84	5.66431798	ch28	92	7.45988571
ch5	69	-9.68236037	ch13	77	-9.39251051	ch21	85	-8.36738659	ch29	93	-4.44913541
ch6	70	-10.3438471	ch14	78	-9.96764754	ch22	86	-11.1593896	ch30	94	-7.48555347
ch7	71	-6.76776295	ch15	79	-10.2173693	ch23	87	-9.54756673	ch31	95	-10.0592862
ch8	72	0.9973318	ch16	80	-4.94257753	ch24	88	-10.5281067	ch32	96	-7.68466123

Tabla 4d: Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 4 para el Mc de la cubierta a -20°

Zoc4											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	97	-9.7540012	ch9	105	-8.89194657	ch17	113	-19.5287313	ch25	121	-15.3280899
ch2	98	-1.85097522	ch10	106	-9.45390776	ch18	114	-24.703235	ch26	122	-21.694056
ch3	99	2.00805488	ch11	107	-1.15839979	ch19	115	-18.0419591	ch27	123	-15.5997983
ch4	100	6.00426818	ch12	108	2.316911	ch20	116	-24.047794	ch28	124	-22.1738145
ch5	101	8.60310898	ch13	109	3.09977581	ch21	117	-16.9778322	ch29	125	-14.5554565
ch6	102	5.90522845	ch14	110	7.62640368	ch22	118	-23.3326847	ch30	126	-20.1480583
ch7	103	-7.82094375	ch15	111	-23.2247628	ch23	119	-15.9999164	ch31	127	-15.3789426
ch8	104	-11.0237491	ch16	112	-22.9507971	ch24	120	-23.0104082	ch32	128	-20.6699406

• **Modelo Parcial (Mp)**

Tabla 5a: Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 1 para el Mp de la cubierta a -20°

Zoc1											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	1	-3.41390486	ch9	9	-6.28010538	ch17	17	-10.0912225	ch25	25	-8.96777877
ch2	2	-4.88213418	ch10	10	-6.92010867	ch18	18	-6.72823048	ch26	26	-12.1147346
ch3	3	-6.3903975	ch11	11	-5.0894514	ch19	19	-4.92228698	ch27	27	-13.2791239
ch4	4	-8.44858788	ch12	12	-4.92302063	ch20	20	-1.04056201	ch28	28	-14.249204
ch5	5	-12.3126197	ch13	13	-5.87868095	ch21	21	1.17905035	ch29	29	-2.7621381
ch6	6	-10.5113202	ch14	14	-10.4113176	ch22	22	-6.12973338	ch30	30	3.60956844
ch7	7	-7.89636005	ch15	15	-13.7293264	ch23	23	-5.24634531	ch31	31	7.9308614
ch8	8	-6.95029716	ch16	16	-13.0992678	ch24	24	-6.19230534	ch32	32	-6.50162501

Tabla 5b: Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 2 para el Mp de la cubierta a -20°

Zoc2											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	33	-5.40800616	ch9	41	-6.41121766	ch17	49	-5.11120831	ch25	57	-2.02036201
ch2	34	-7.32854569	ch10	42	-8.22270401	ch18	50	-7.43456056	ch26	58	-3.04929791
ch3	35	-9.03892491	ch11	43	-8.8852685	ch19	51	-8.29425241	ch27	59	-7.03915242
ch4	36	-7.87527355	ch12	44	-5.30569852	ch20	52	-8.31037069	ch28	60	-7.11580785
ch5	37	0.29872184	ch13	45	2.97523862	ch21	53	-5.76863466	ch29	61	-7.85702675
ch6	38	3.9287594	ch14	46	3.05246803	ch22	54	4.24111347	ch30	62	-4.4723809
ch7	39	8.54511364	ch15	47	6.93110513	ch23	55	7.14514802	ch31	63	4.46150801
ch8	40	-3.18276455	ch16	48	3.84786179	ch24	56	9.94216537	ch32	64	4.1237889

Tabla 5c: Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 3 para el Mp de la cubierta a -20°

Zoc3											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	65	7.88928098	ch9	73	6.04876529	ch17	81	3.77705253	ch25	89	-4.64782432
ch2	66	3.27654821	ch10	74	8.0633968	ch18	82	4.07980545	ch26	90	3.80233725
ch3	67	-5.80488856	ch11	75	-2.82773544	ch19	83	7.07607342	ch27	91	6.73970619
ch4	68	-8.7123916	ch12	76	-5.13408179	ch20	84	3.74854301	ch28	92	7.7274346
ch5	69	-7.69558873	ch13	77	-7.65409368	ch21	85	-6.14988951	ch29	93	-3.06526349
ch6	70	-7.99426648	ch14	78	-7.67269515	ch22	86	-8.9267603	ch30	94	-5.22972267
ch7	71	-5.72939716	ch15	79	-7.48919024	ch23	87	-7.11277826	ch31	95	-7.78407948
ch8	72	4.39105175	ch16	80	-4.85807683	ch24	88	-7.6033679	ch32	96	-7.68362527

Tabla 5d: Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 4 para el Mp de la cubierta a -20°

Zoc4											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	97	-7.47354406	ch9	105	-7.72141354	ch17	113	-16.2804915	ch25	121	-12.4921901
ch2	98	-4.09550866	ch10	106	-7.66543562	ch18	114	-23.1010827	ch26	122	-20.0416428
ch3	99	2.9111582	ch11	107	-4.23701348	ch19	115	-15.0656621	ch27	123	-12.850739
ch4	100	2.76618448	ch12	108	2.85494568	ch20	116	-22.8890119	ch28	124	-21.0558859
ch5	101	6.53318179	ch13	109	4.95641809	ch21	117	-14.3097858	ch29	125	-13.0342449
ch6	102	2.28420643	ch14	110	6.23648845	ch22	118	-21.7402106	ch30	126	-19.6223719
ch7	103	-5.42905041	ch15	111	-19.0944315	ch23	119	-14.3793908	ch31	127	-14.3295796
ch8	104	4.26011481	ch16	112	-22.5292629	ch24	120	-22.0465816	ch32	128	-19.9495247

4.2 Pasarela

4.2.1 Ángulo de incidencia = 160°

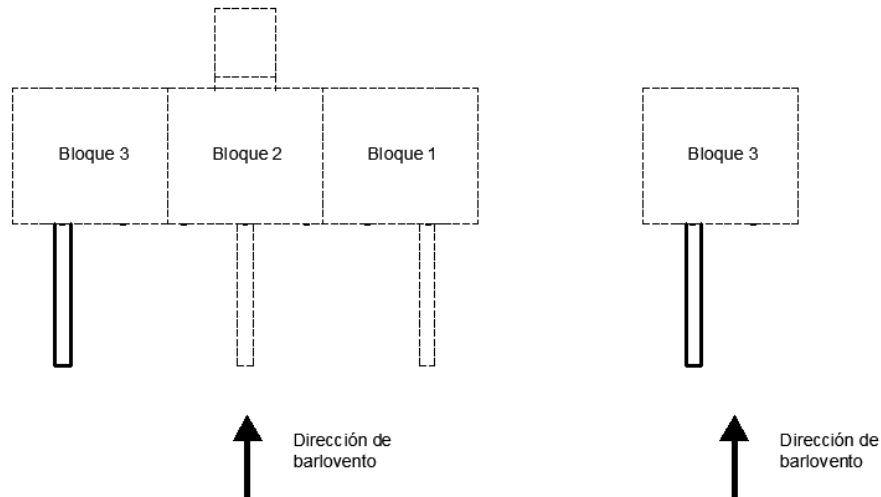


Figura 22a: Ángulo de incidencia de 160° en las pruebas de la pasarela

• **Modelo Completo (Mc)**

Tabla 6a: Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 4 para el Mc de la pasarela a 160°

Pasarela Mc											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	97	12.7449365	ch9	105	3.31821414	ch17	113	2.57000055	ch25	121	7.51363313
ch2	98	13.8325837	ch10	106	3.19559566	ch18	114	4.53580278	ch26	122	7.04699732
ch3	99	-8.02763026	ch11	107	4.18252128	ch19	115	4.91898272	ch27	123	3.63279733
ch4	100	-7.72938107	ch12	108	2.61208797	ch20	116	6.12925856	ch28	124	5.73828565
ch5	101	-8.4023896	ch13	109	4.62837338	ch21	117	6.0960637	ch29	125	5.7599576
ch6	102	-6.34550231	ch14	110	4.8413993	ch22	118	4.75438075	ch30	126	8.03937787
ch7	103	-8.27817313	ch15	111	3.64987878	ch23	119	5.77815883	ch31	127	5.39159241
ch8	104	2.28064088	ch16	112	3.87234743	ch24	120	5.64140205	ch32	128	6.8067698

• **Modelo Parcial (Mp)**

Tabla 6b: Registros del túnel de viento de los canales 18 al 32 del zoc 3 y del 1 al 17 del zoc 4 para el Mp de la pasarela a 160°

Pasarela Mp											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch18	82	11.7971677	ch26	90	2.47762228	ch2	98	3.49100237	ch10	106	7.14644817
ch19	83	10.556715	ch27	91	3.63834595	ch3	99	4.40449606	ch11	107	6.39295958
ch20	84	-4.26672427	ch28	92	3.01154744	ch4	100	4.2707169	ch12	108	5.52991705
ch21	85	-5.94887918	ch29	93	3.47363808	ch5	101	5.91275637	ch13	109	6.19249331
ch22	86	-5.58840408	ch30	94	3.77243977	ch6	102	5.63592246	ch14	110	5.49657279
ch23	87	-4.08263588	ch31	95	4.74028365	ch7	103	4.55252436	ch15	111	7.65587761
ch24	88	-5.61510016	ch32	96	3.93362661	ch8	104	11.0471187	ch16	112	4.63694881
ch25	89	3.04048024	ch1	97	3.87940713	ch9	105	5.54984573	ch17	113	5.18489715

4.2.2 *Ángulo de incidencia = -20°*

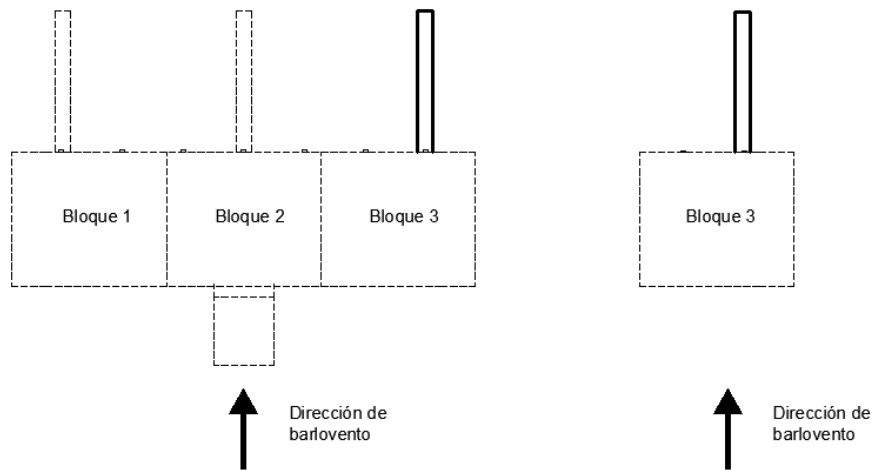


Figura 22b: *Ángulo de incidencia de -20° en las pruebas de la pasarela*

- **Modelo Completo(Mc)**

Tabla 7a: *Registros del túnel de viento de los 32 canales del zoc 4 para el Mc de la pasarela a -20°*

Pasarela Mc											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch1	97	-1.89875679	ch9	105	-1.61609981	ch17	113	-2.00655204	ch25	121	-2.55950522
ch2	98	-1.94279057	ch10	106	-1.57030211	ch18	114	-2.44675669	ch26	122	-2.82026669
ch3	99	-1.48202659	ch11	107	-1.4694805	ch19	115	-2.50290987	ch27	123	-3.6105734
ch4	100	-1.77309586	ch12	108	-1.84326157	ch20	116	-2.47466532	ch28	124	-2.98066585
ch5	101	-1.62067784	ch13	109	-1.91641452	ch21	117	-2.64273835	ch29	125	-3.66618325
ch6	102	-1.52815526	ch14	110	-2.03518943	ch22	118	-3.03815964	ch30	126	-2.17196318
ch7	103	-1.83637089	ch15	111	-1.96134113	ch23	119	-2.66297647	ch31	127	-2.68328874
ch8	104	-1.45716748	ch16	112	-1.90403526	ch24	120	-3.03999592	ch32	128	-3.67738769

- **Modelo Parcial (Mp)**

Tabla 7b: Registros del túnel de viento de los canales 18 al 32 del zoc 3 y del 1 al 17 del zoc 4 para el Mp de la pasarela a -20°

Pasarela Mp											
Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)	Canal	Punto	Media(Pa)
ch18	82	-1.49654419	ch26	90	-2.51435616	ch2	98	-3.20545656	ch10	106	-2.92602588
ch19	83	-2.24976973	ch27	91	-1.97253707	ch3	99	-4.04589349	ch11	107	-3.29294069
ch20	84	-1.17575484	ch28	92	-2.93514257	ch4	100	-4.03776006	ch12	108	-4.04210654
ch21	85	-2.56731229	ch29	93	-1.91923332	ch5	101	-2.95004237	ch13	109	-3.39719349
ch22	86	-1.75616745	ch30	94	-3.36885191	ch6	102	-3.2272508	ch14	110	-3.56097446
ch23	87	-1.89924934	ch31	95	-2.36894789	ch7	103	-4.25617214	ch15	111	-2.67333173
ch24	88	-2.75795223	ch32	96	-2.72426909	ch8	104	5.66189775	ch16	112	-2.93914174
ch25	89	-2.20317588	ch1	97	-3.34627322	ch9	105	-3.87028016	ch17	113	-3.47173117

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Antes de analizar los resultados y obtener conclusiones acerca del efecto de bloqueo, se hicieron comparaciones del valor de las presiones medias obtenidas con el M_p con la intención de conocer el orden del error por repetitividad (Er) en las mediciones, es decir, verificar que tan parecida es una presión en un mismo punto y con las mismas características al repetir una prueba en el túnel de viento. Se realizaron tres pruebas del M_p para el ángulo de incidencia de 70° (Figura 24). Con estas tres pruebas se obtuvieron diferencias en unidades de pascales de 7 secciones del M_p (Figura 23) para conocer las diferencias por repetitividad en cada una de las partes del modelo. Las tablas 8a a 8g muestran las mediciones del túnel de las cuales se obtuvo el Er de cada sección.

La tabla 9 contiene el análisis para Er . Dicho error es tomado en cuenta más adelante para poder obtener conclusiones acertadas.

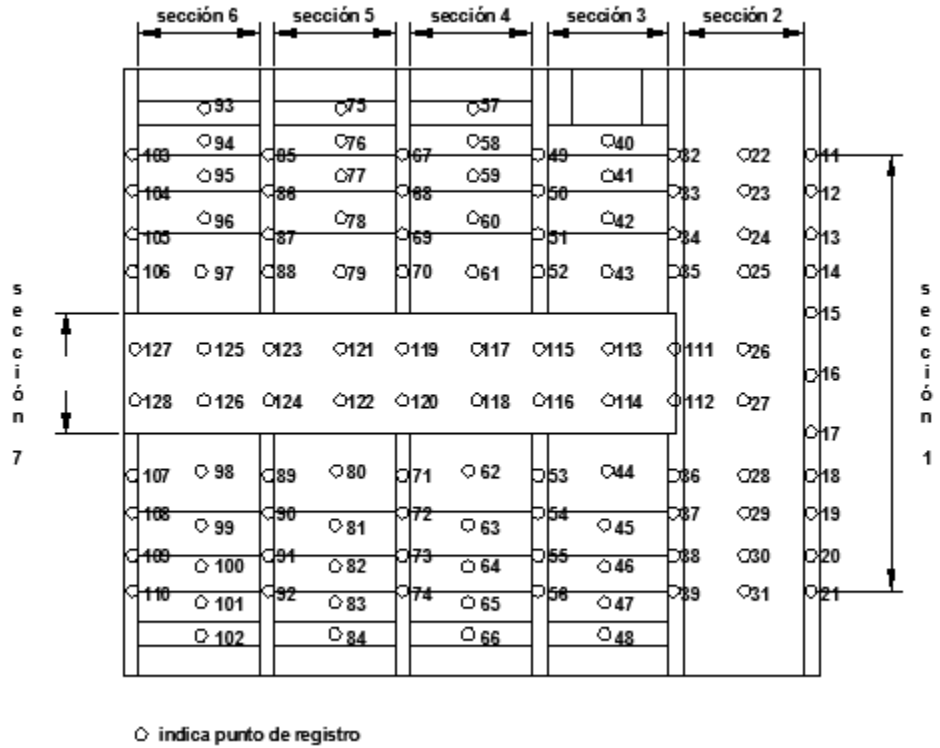


Figura 23: División de secciones del Mp para obtener Er.

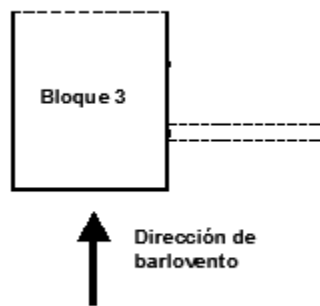


Figura 24: Ángulo de incidencia de 70°

Tabla 8a: Registro de las 3 pruebas con ángulo de incidencia de 70° para obtener Er correspondiente a la sección 1.

Sección 1

Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)	Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)	Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)
1	-5.752	-6.348	-7.083	8	16.901	16.025	15.584	15	-13.024	-13.682	-13.361
2	10.451	9.863	8.856	9	14.874	14.146	12.123	16	-13.100	-13.829	-14.014
3	15.233	14.393	14.203	10	9.323	7.985	8.684	17	-13.391	-14.021	-14.966
4	18.868	17.987	18.695	11	-13.556	-14.596	-14.684	18	-14.383	-15.214	-15.309
5	20.683	19.885	19.363	12	-15.880	-16.845	-17.267	19	-14.450	-15.141	-15.636
6	21.364	20.366	19.539	13	-13.985	-14.801	-15.457	20	-14.413	-15.291	-15.248
7	19.500	18.364	18.564	14	-13.819	-14.541	-14.331	21	-12.797	-13.431	-14.702

Tabla 8b: Registro de las 3 pruebas con ángulo de incidencia de 70° para obtener Er correspondiente a la sección 2.

Sección 2

Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)	Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)	Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)
22	-16.956	-18.170	-17.306	28	-15.525	-16.335	-16.260	34	-13.923	-14.028	-15.852
23	-15.882	-16.727	-17.148	29	-15.610	-16.279	-17.005	35	-14.153	-14.538	-15.612
24	-15.582	-16.420	-16.906	30	-15.364	-16.086	-16.228	36	-14.296	-14.708	-16.072
25	-15.230	-16.292	-16.363	31	-14.967	-15.757	-16.104	37	-14.332	-14.922	-15.588
26	-14.358	-15.168	-15.546	32	-13.605	-14.703	-13.746	38	-12.070	-12.605	-13.296
27	-14.749	-15.528	-15.899	33	-13.577	-13.947	-14.889	39	-10.610	-10.482	-12.293

Tabla 8c: Registro de las 3 pruebas con ángulo de incidencia de 70° para obtener Er correspondiente a la sección 3.

Sección 3

Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)	Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)	Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)
40	-5.774	-6.162	-5.692	46	-6.587	-6.907	-8.480	52	-6.979	-7.325	-7.916
41	-8.385	-8.628	-9.545	47	-5.787	-6.400	-6.408	53	-6.531	-6.899	-7.347
42	-10.041	-10.433	-10.745	48	-5.880	-6.367	-7.987	54	-6.777	-7.041	-7.999
43	-11.269	-11.844	-12.457	49	-7.703	-7.954	-8.584	55	-7.660	-7.925	-8.786
44	-9.390	-9.709	-10.138	50	-8.135	-8.598	-9.155	56	-6.849	-7.383	-7.294
45	-7.864	-8.192	-8.693	51	-7.749	-8.356	-7.179				

Tabla 8d: Registro de las 3 pruebas con ángulo de incidencia de 70° para obtener Er correspondiente a la sección 4.

Sección 4

Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)	Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)	Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)
57	-4.954	-5.406	-5.702	63	-3.273	-3.523	-5.275	69	-5.029	-5.958	-5.518
58	-3.971	-3.977	-5.877	64	-4.335	-4.905	-4.785	70	-3.668	-4.700	-3.374
59	-4.178	-4.326	-5.726	65	-3.669	-4.596	-4.355	71	-3.016	-4.085	-3.580
60	-4.072	-4.188	-5.549	66	-3.215	-4.050	-3.369	72	-4.568	-5.461	-4.704
61	-4.832	-5.215	-5.742	67	-5.712	-7.020	-6.872	73	-4.863	-5.845	-5.949
62	-4.383	-4.716	-5.822	68	-4.730	-5.632	-5.383	74	-5.215	-6.345	-5.892

Tabla 8e: Registro de las 3 pruebas con ángulo de incidencia de 70° para obtener Er correspondiente a la sección 5.

Sección 5

Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)	Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)	Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)
75	-3.640	-4.621	-3.550	81	-1.644	-2.644	-2.142	87	-5.253	-6.263	-6.026
76	-2.959	-3.813	-4.121	82	-2.086	-3.119	-2.789	88	-2.563	-3.610	-3.521
77	-2.194	-2.874	-2.499	83	-2.356	-3.451	-3.065	89	-1.863	-2.844	-2.894
78	-2.667	-3.795	-3.035	84	-2.500	-3.590	-2.574	90	-5.555	-6.498	-6.254
79	-2.446	-3.387	-3.212	85	-4.753	-5.857	-6.291	91	-5.594	-6.611	-6.278
80	-2.480	-3.468	-3.373	86	-4.690	-5.731	-5.406	92	-5.625	-6.803	-6.930

Tabla 8f: Registro de las 3 pruebas con ángulo de incidencia de 70° para obtener Er correspondiente a la sección 6.

Sección 6

Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)	Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)	Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)
93	-3.114	-4.013	-4.245	99	-2.197	-2.324	-5.015	105	-6.190	-6.280	-8.249
94	-3.083	-4.204	-3.959	100	-2.441	-2.533	-5.273	106	-2.366	-2.503	-4.432
95	-2.443	-3.425	-3.075	101	-2.517	-2.747	-3.952	107	-1.665	-1.715	-3.826
96	-1.717	-2.530	-2.317	102	-2.918	-2.968	-5.043	108	-6.408	-6.406	-8.458
97	-2.389	-2.544	-4.212	103	-4.495	-4.429	-7.606	109	-5.659	-5.701	-7.800
98	-1.834	-1.841	-4.030	104	5.983	5.872	3.872	110	-5.772	-5.739	-7.612

Tabla 8g: Registro de las 3 pruebas con ángulo de incidencia de 70° para obtener E_r correspondiente a la sección 7.

Sección 7											
Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)	Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)	Punto	Prueba 1(Pa)	Prueba 2(Pa)	Prueba 3(Pa)
111	-13.915	-14.358	-15.812	117	-4.483	-4.455	-6.784	123	-3.755	-4.330	-4.925
112	-13.828	-13.905	-15.885	118	-4.580	-4.696	-5.894	124	-2.848	-3.285	-3.496
113	-10.495	-10.712	-11.991	119	-3.619	-3.826	-5.009	125	-1.837	-1.946	-3.961
114	-10.465	-10.723	-12.386	120	-3.038	-3.130	-5.330	126	-1.687	-1.827	-2.685
115	-6.993	-7.179	-8.523	121	-2.582	-2.646	-4.193	127	-2.841	-3.373	-4.004
116	-7.008	-7.201	-8.378	122	-2.140	-1.989	-4.456	128	-1.538	-1.579	-4.021

Tabla 9: E_r del túnel de viento para 7 secciones del Mp

Sección Mp	E_r (Pa)
1	0.87
2	0.86
3	0.68
4	0.78
5	0.71
6	1.29
7	1.12
E_r promedio	0.9

En las tablas anteriores se presentó el E_r para cada sección, así como el E_r promedio, el cual es del orden de 0.9 Pa. Una posible causa de este valor es la “tara”, es decir, que antes de hacer cualquier medición, el sistema de captura debe realizar un balance de ceros para que una vez que se logre este balance se efectúe la prueba o el registro de presiones. Cabe mencionar, que cuando se repite una prueba las condiciones no son exactamente iguales, pero sí muy similares, por tal motivo existe una pequeña variación entre una medición y otra con las mismas características en el mismo punto de lectura. Así que invariablemente este error se presentará en la medida que se alteren las condiciones iniciales.

Es importante mencionar que para el análisis de los datos se consideraron las diferencias obtenidas del Er . Lo anterior se refiere a que en aquellos casos en los que la diferencia entre los valores de presiones y/o succiones comparadas sea igual o menor al Er , este se considerará con una diferencia de 0%. Para los registros comparados cuya diferencia sea mayor que Er , la diferencia en porcentaje se considerará restando la mitad del Er al registro de presión y/o succión de mayor valor y sumando la otra mitad al registro de menor valor. De esta manera podemos corregir los resultados para evitar que la variación en la medición debido a la alteración de las condiciones iniciales del túnel, afecte en las conclusiones de este estudio. Para los registros de la cubierta se consideró el Er de la sección que le corresponde a cada punto de registro, tal y como se indica en la *Figura 22*. En el caso de la pasarela, se consideró el Er promedio indicado en la tabla 9.

Entonces, la diferencia en porcentaje entre el Mc y el Mp se expresa en la siguiente ecuación matemática.

$$\frac{\left(P1 - \frac{Er}{2}\right) - \left(P2 + \frac{Er}{2}\right)}{\left(P1 - \frac{Er}{2}\right)} * 100 \rightarrow ec. 1$$

donde $P1$ es el registro del Mc (*registro de mayor valor*), $P2$ es el registro del Mp (*registro de menor valor*) y Er es el error por repetitividad.

A continuación se presentan las diferencias que existen en porcentaje entre Mc y Mp correspondiente a la cubierta (*Tabla 10a*). Se observan también gráficas con el promedio de presiones (*Figuras 25a y 25c*) y succiones (*Figuras 25b y 25d*) de cada punto de registro para ambos modelos y ángulos de incidencia del viento para tener una idea más gráfica de las diferencias que existen entre ambos.

Para la pasarela, la *Tabla 10b* y las *Figuras 26a, 26c (succiones)* y *26b (presiones)* son las que muestran los resultados analizados.

Tabla 10a: Reducción en los valores de presión y succión en la cubierta

CUBIERTA		
Diferencias (%)	Ángulo de incidencia	
	-20°	160°
Presión	13%	11%
Succión	12%	6%

Tabla 10b: Reducción en los valores de presión y succión en la pasarela

PASARELA		
Diferencias (%)	Ángulo de incidencia	
	-20°	160°
Presión	-	2%
Succión	-	20%

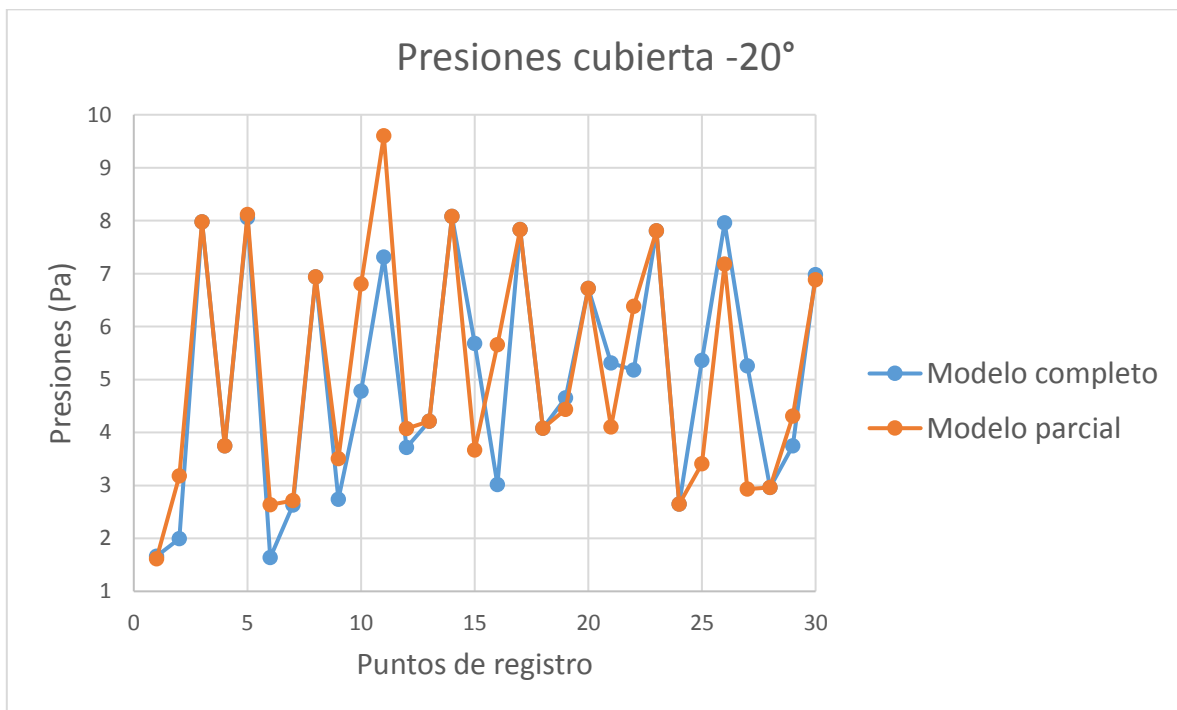


Figura 25a: Comparación Mc y Mp en presión para -20° de la cubierta

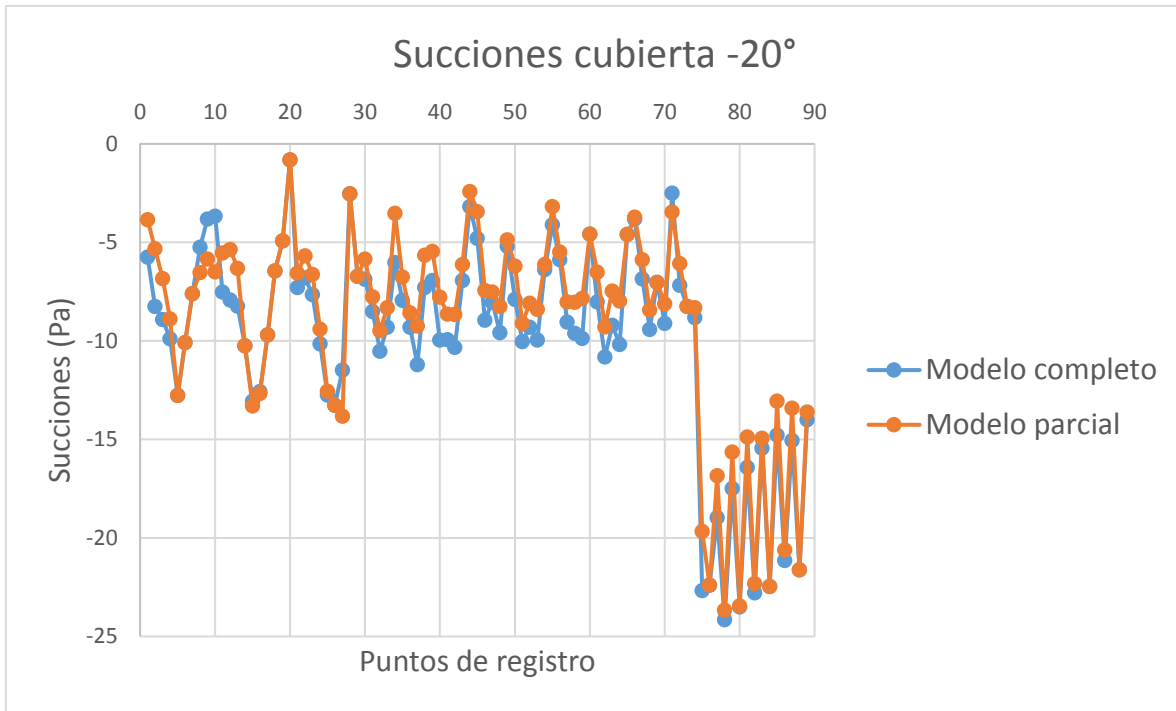


Figura 25b: Comparación M_c y M_p en succión para -20° de la cubierta

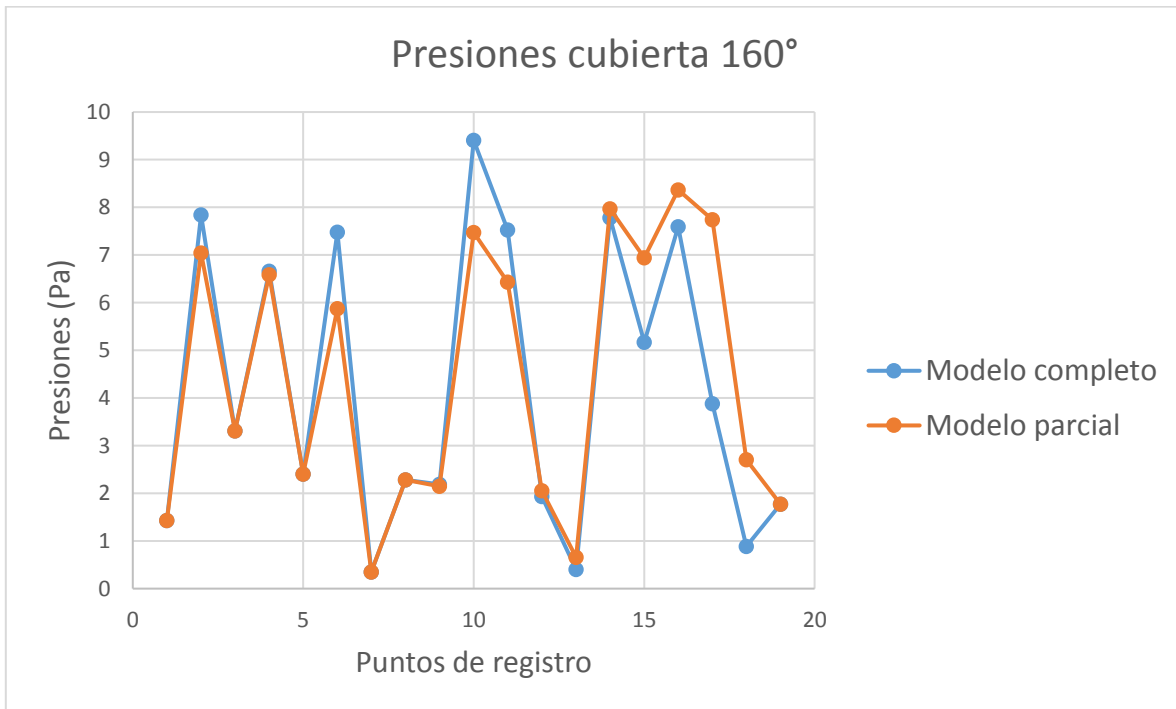


Figura 25c: Comparación M_c y M_p en presión para 160° de la cubierta

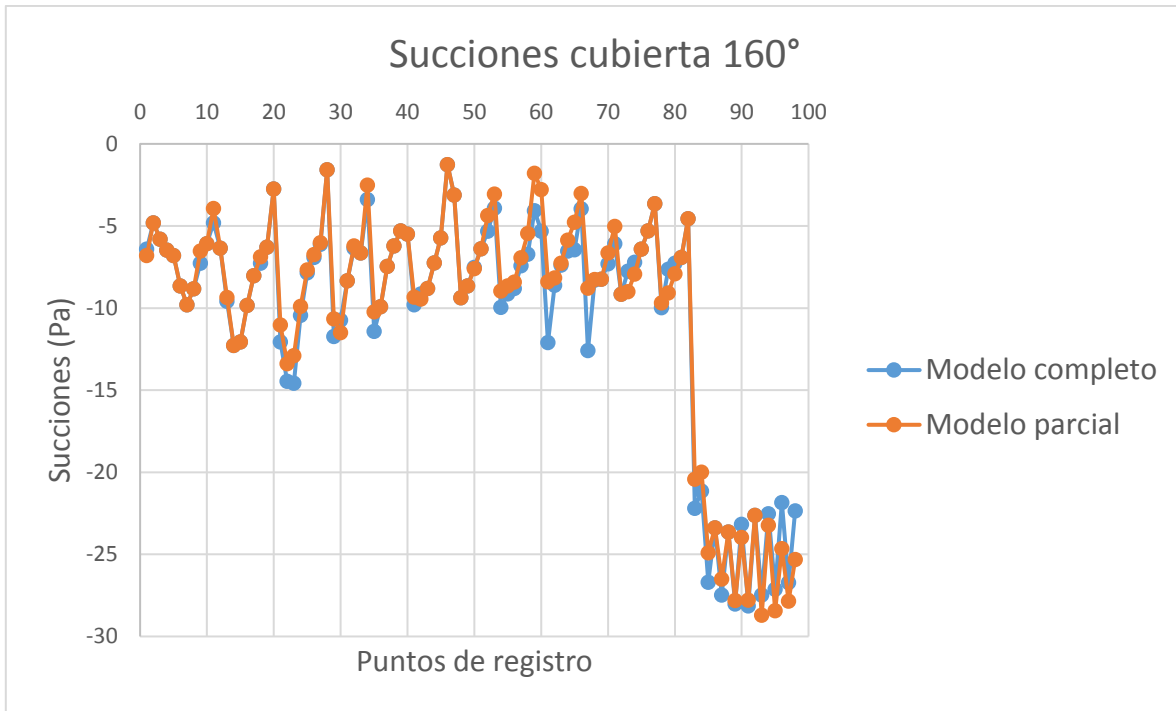


Figura 25d: Comparación M_c y M_p en succión para 160° de la cubierta

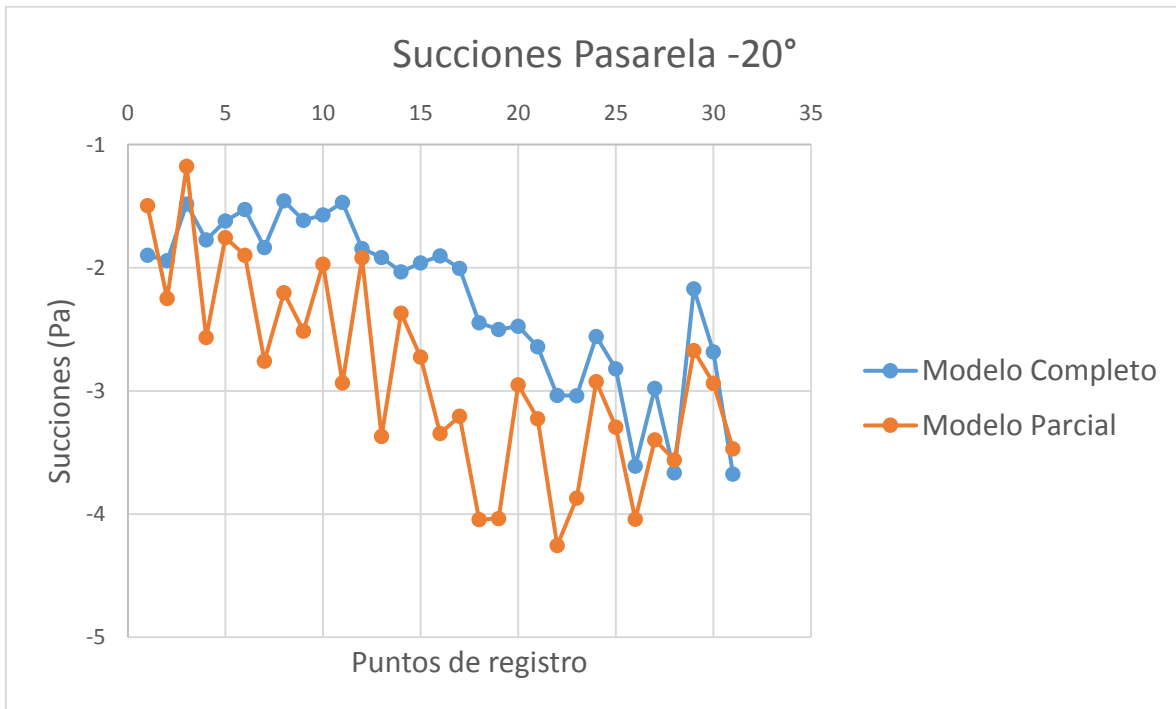


Figura 26a: Comparación M_c y M_p en succión para -20° de la pasarela

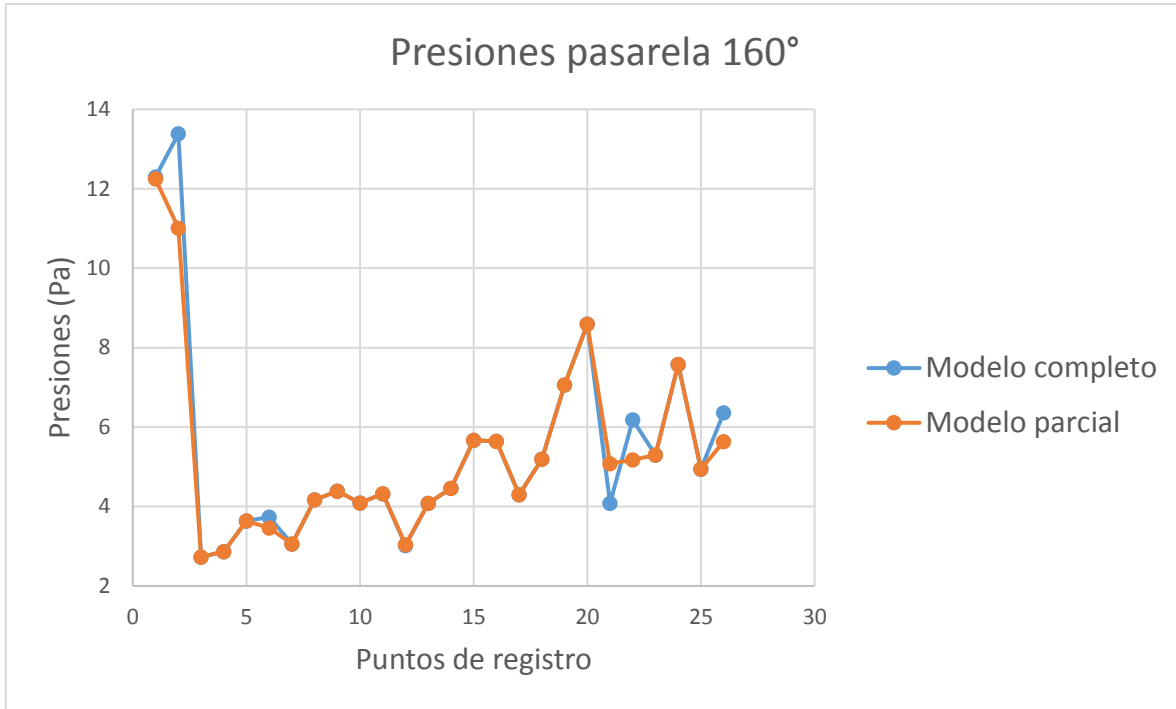


Figura 26b: Comparación Mc y Mp en presión para 160° de la pasarela

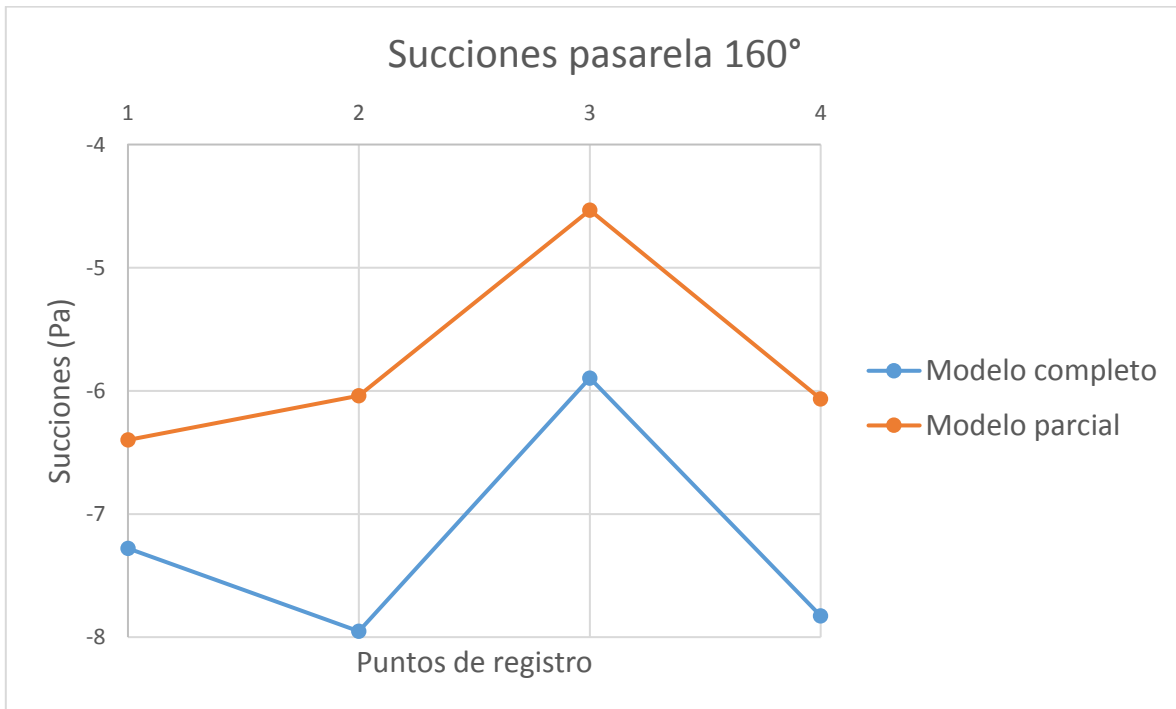


Figura 26c: Comparación Mc y Mp en succión para 160° de la pasarela

En la *Tabla 10a* se observa que se generan diferencias más grandes en las presiones que en las succiones. Si bien es cierto que para el ángulo de incidencia de -20° la diferencia es mínima, para la posición de 160° las diferencias en presión con respecto a las de succión son considerables. Las *Figuras 25a y c* muestran las diferencias en presión de la cubierta para ambos ángulos de incidencia. Se pueden apreciar las diferencias en la distribución de puntos. Para las succiones, las *Figuras 25b y d*, presentan comportamientos más uniformes en ambos modelos y se aprecian diferencias menores.

En el caso de la pasarela, para el ángulo de incidencia de -20° no existen registros de presión. En el caso de las succiones (*Figura 26a*), se observa que los resultados en este ángulo de incidencia para la pasarela no coinciden con la hipótesis de esta tesis, ya que los registros del M_p , son mayores a los registros del M_c . Lo anterior se justifica más adelante en el capítulo de conclusiones. Para el ángulo de incidencia de 160° , se observa lo contrario a lo ocurrido con la cubierta, es decir, se observan mayores diferencias en succión que en presión.

Las *Figuras 26b y c* muestra diferencias poco perceptibles en presión y diferencias notables en succión, respectivamente para el ángulo de incidencia de 160° .

Para conocer en donde se encuentran las mayores diferencias, se muestran a continuación mapeos de color asociados a las diferencias en los puntos más afectados. Las *Figuras 27a y 26c* muestran las diferencias de la cubierta para -20° y 160° , respectivamente, mientras que para la pasarela lo hace la *Figura 28a* para el ángulo de ataque de 160° .

Para el ángulo de incidencia de -20° , en el caso de la pasarela, no se muestran mapeos con las indicaciones de las diferencias, ya que esta prueba no cuenta con la validez para ser tomada en cuenta.

Se muestran de igual forma mapeos indicando los puntos en presión y los puntos en succión para ambos ángulos de incidencia, tanto para la cubierta como para la pasarela (*Figuras 27b y d y Figura 28b*).

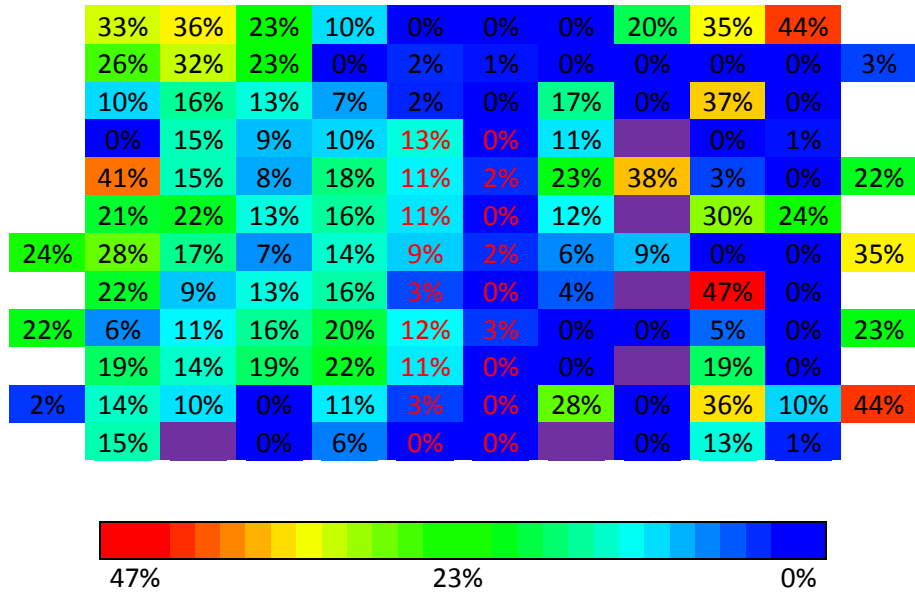


Figura 27a: Máximas y mínimas diferencias entre M_c y M_p en la Cubierta a -20°

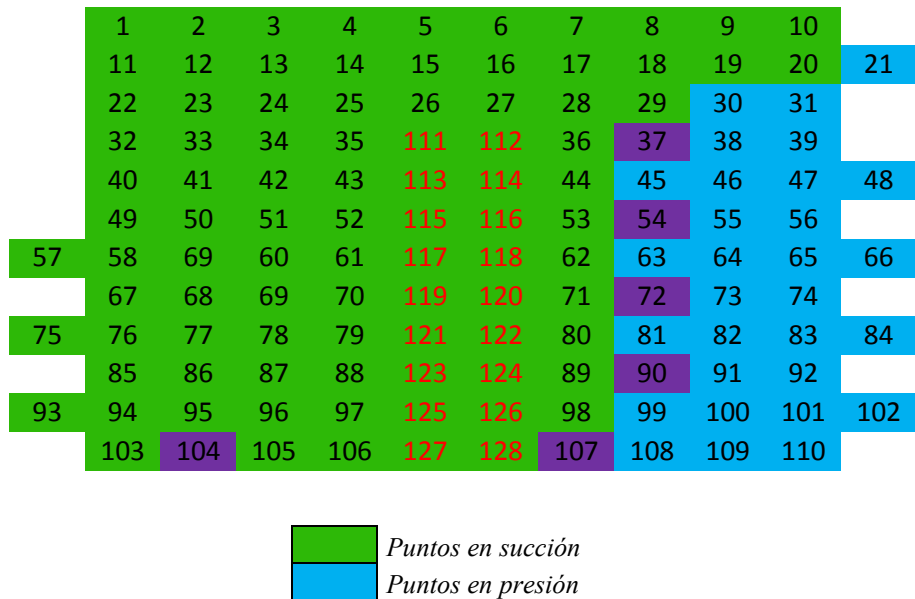


Figura 27b: Presiones y succiones en la Cubierta a -20°

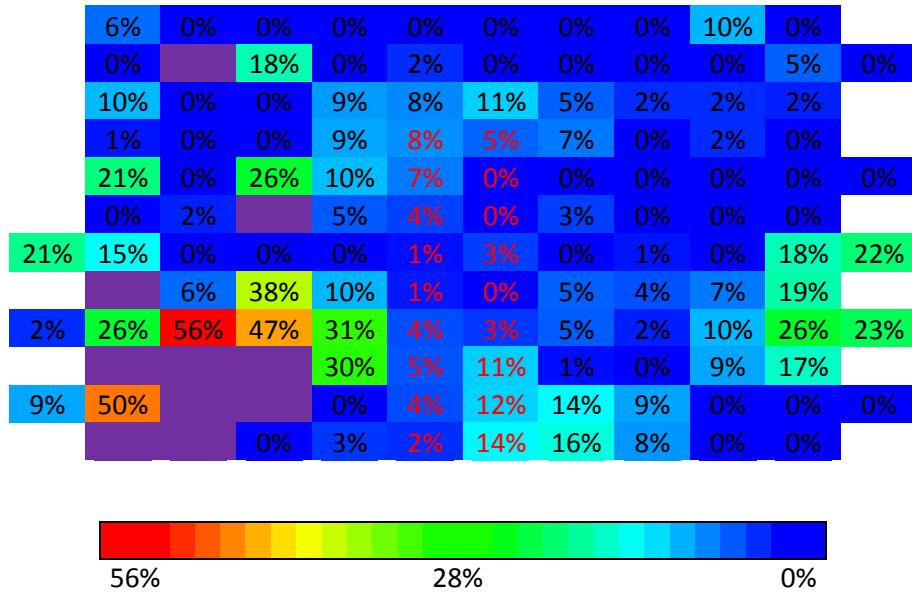


Figura 27c: Máximas y mínimas diferencias entre M_c y M_p en la Cubierta a 160°

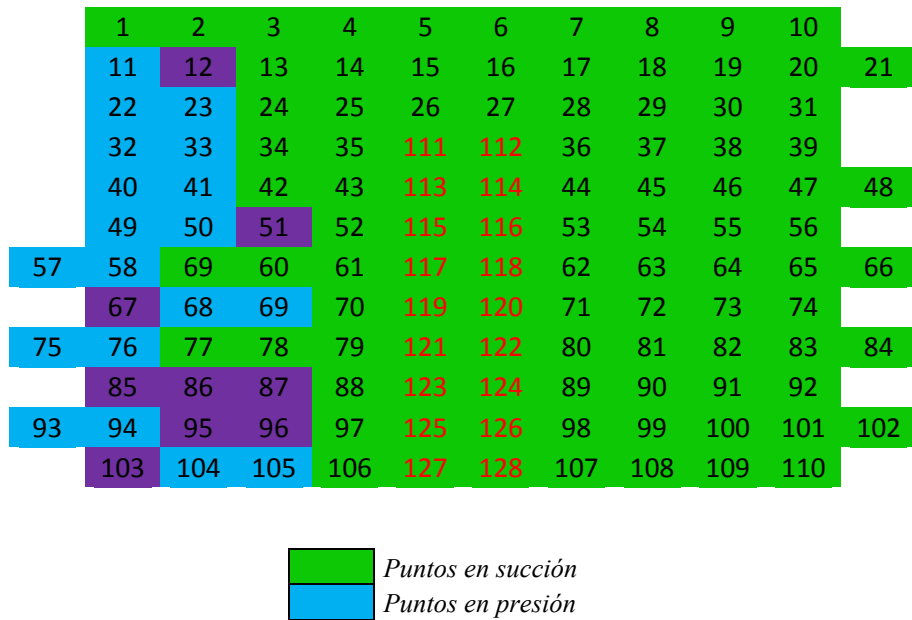


Figura 27d: Presiones y succiones en la Cubierta a 160°

Punto	Diferencias	Punto	Diferencias	Punto	Diferencias	Punto	Diferencias
97	0%	105	0%	113	1%	121	0%
98	18%	106	0%	114	0%	122	0%
99		107	7%	115	0%	123	20%
100	12%	108	0%	116	0%	124	0%
101	24%	109	0%	117	0%	125	0%
102	23%	110	0%	118	0%	126	0%
103	23%	111	0%	119		127	0%
104	0%	112	0%	120	0%	128	11%

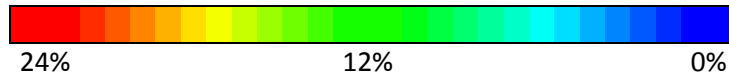


Figura 28a: Máximas y mínimas diferencias entre M_c y M_p en la Pasarela a 160°

Punto	Diferencias	Punto	Diferencias	Punto	Diferencias	Punto	Diferencias
97	0%	105	0%	113	1%	121	0%
98	18%	106	0%	114	0%	122	0%
99		107	7%	115	0%	123	20%
100	12%	108	0%	116	0%	124	0%
101	24%	109	0%	117	0%	125	0%
102	23%	110	0%	118	0%	126	0%
103	23%	111	0%	119		127	0%
104	0%	112	0%	120	0%	128	11%

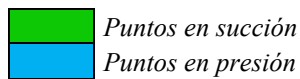


Figura 28b: Presiones y succiones en la Pasarela a 160°

Los mapeos de la cubierta (*Figuras 27a y 27c*), indican las diferencias en porcentaje que existen entre el M_c y el M_p . Los mapeos de las *Figuras 27b y d*, muestran los puntos en presión y en succión para los ángulos de incidencia de -20° y 160° , respectivamente, además de contar en cada casilla con el número del punto de registro utilizado. En el caso de la pasarela, los puntos de registro en la *Figura 28a*, corresponden a los indicados en la figura 15. De igual forma, el mapeo de la pasarela muestra las diferencias en porcentaje que existen entre el M_c y el M_p .

Los puntos de registro indicados en color morado en los mapeos son puntos que se descartaron debido a lecturas erróneas durante las pruebas en túnel de viento.

Para la cubierta, en el caso del ángulo de incidencia de -20° (*Figura 27a*), se observan las mayores diferencias en los extremos del modelo. La parte central es la que cuenta con las menores diferencias. Para 160° (*Figura 27c*) se observan menores diferencias en todo el modelo, aunque algunos puntos sobresalen del resto en la pared de barlovento.

En cuanto a la pasarela, para el viento incidiendo a 160° (*Figura 28a*), se observan mayores diferencias en la parte más alejada de la cubierta y específicamente en los puntos en succión.

CONCLUSIONES

- En el caso de la cubierta, para el ángulo de incidencia de viento de -20° , las diferencias más notables se encuentran en los puntos de presión ubicados en el extremo del modelo más cercano a la pared del túnel. La principal razón se debe a la alteración en los resultados del Mc debido al efecto “venturi”. La cercanía del extremo del modelo con las paredes del túnel, claramente aumenta la velocidad del viento, producido por el efecto de bloqueo.
- Para la incidencia del viento a un ángulo de ataque de 160° , igualmente en la cubierta del modelo, se aprecian diferencias menores con respecto al ángulo de -20° , sin embargo, el bloqueo también afectó este ángulo de incidencia, notando las mayores diferencias en los extremos del modelo.
- En algunos casos los sensores del túnel podrían haber perdido la referencia, dando como resultado registros erróneos, los cuales fueron eliminados y marcados con color morado en los mapeos.
- De igual forma, en la cubierta, se observan mayores diferencias en los resultados de presión con respecto a los registros de succión.
- Para la pasarela, en el ángulo de incidencia del viento de -20° , se observa que los registros del Mp son mayores a los registros del Mc . Esto no concuerda con las conclusiones de *Melbourne* (1982), donde indica que a mayor Rb , mayores serán los registros de presiones y/o succiones. Sin embargo, cabe mencionar que en esta posición del modelo, la pasarela se ve obstruida por la cubierta, siendo el Mc el que obstruye en mayor medida el flujo. Por lo anterior, se puede concluir que la obstrucción del flujo que produjo el Mc sobre la pasarela fue menor con respecto al Mp , por lo que los registros fueron mayores. Por esta razón, los resultados de las diferencias de la *Tabla 10b* y los mapeos de color para este ángulo de incidencia no fueron presentados.

- Los resultados de la pasarela en el ángulo de incidencia del viento a 160° , a diferencia de la cubierta, muestran mayores diferencias en succión. El hecho de tener estas diferencias, hacen coincidir este trabajo con los estudios de *Melbourne* (1982), donde indica, justamente, mayores diferencias en succión debido al bloqueo para modelos que no permiten el paso del aire. La cubierta, a diferencia de la pasarela, si permite el paso del aire, por lo que se recomienda hacer más estudios con este tipo de modelos para reforzar la hipótesis de que el efecto de bloqueo altera principalmente las mediciones de presión.
- Las diferencias debidas al bloqueo fueron consideradas importantes al examinar primeramente un modelo con $Rb = 7.58\%$ y posteriormente un modelo con $Rb = 3.04\%$. Estos resultados coinciden con los de *Ross y Altman* (2011), en los cuales se recomienda utilizar una relación de bloqueo máxima del 5%, por lo que este estudio lo recomienda de igual forma. Por otro lado, se recomienda realizar más estudios con modelos a diferentes escalas, con la finalidad de encontrar una adecuada Rb , para el caso específico del nuevo túnel de viento de capa límite atmosférica (*FIIDEM-INGEN*) de la UNAM.

AGRADECIMIENTOS

Al cuerpo docente del programa de ingeniería de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, por los conocimientos recibidos durante el desarrollo de mi carrera profesional.

Al IINGEN de la UNAM y al FIIDEM por brindarme la oportunidad de utilizar sus instalaciones, por lo que fue posible realizar las pruebas experimentales registradas en esta tesis.

A Itzel R. Núñez Vargas, por compartir su camino conmigo, por su apoyo incondicional y por su constante interés y participación en el desarrollo experimental de esta tesis y el apoyo moral recibido.

A mi madre María Antonieta Arriaga López y a mi hermana Paola Dávalos Arriaga, que han sido mi soporte en cada etapa de mi vida, apoyándome en todo momento tanto moral como económicamente durante el desarrollo de mi educación profesional y mi vida en general.

A Jorge y María Helena Arriaga López por el ejemplo, apoyo, interés y seguimiento a mis estudios y a mi vida personal.

A Esteban y Mariana Galindez Arriaga que me han acompañado siempre, dando soporte en las adversidades, estaré siempre agradecido.

A Manuel Góngora y a Nancy K. Mendoza por los sabios consejos y constante motivación recibidos.

A Jorge Arriaga Zepeda por sus enseñanzas y valores transmitidos durante mi vida personal.

Al Dr. Roberto Gómez Martínez por el apoyo académico y económico recibido, el cual fue fundamental para el desarrollo de esta tesis.

Al M. en I. Luis M. Arenas García por el seguimiento y supervisión de los trabajos realizados durante el desarrollo de este estudio.

Al M. en I. Raúl Sánchez García por el apoyo en la solución de problemas técnicos que se presentaron durante el desarrollo del trabajo.

El apoyo del Ing. Marco A. Mendoza Salas y Oscar N. Rosales González en la construcción e instrumentación del modelo a escala utilizado para las pruebas en túnel de viento.

A mis amigos, que siempre los llevo conmigo y que han influido positivamente a lo largo de mi desarrollo personal y profesional.

REFERENCIAS

- ASCE/SEI 7-05, Minimum design loads for buildings and other structures. Chapter 6, *Wind loads, United States of America*, 2006.
- Blocken, B. (2014). 50 years of Computational Wind Engineering: Past, present and future. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 129, 69-102.
- Baker, C. (2007). Wind engineering – Past, present and future. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 95, 843-870.
- Davenport, A. (2002). Past, present and future of wind engineering. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 90, 1371-1380.
- Gaceta oficial del Distrito Federal, Tomo II, *Normas Técnicas Complementarias para diseño por Viento, Distrito Federal, México*, 6 de Octubre de 2004.
- Gómez, R., Sánchez, R., Arenas, L., Rosales, O. y Olivares, L. (2015a). Caracterización experimental de la zona de pruebas de un túnel de viento de capa límite. *Sociedad Mexicana de Ingeniería Sismica*.
- Gómez, R., Sánchez, R., Arenas, L., Pozos, A., Rosales, O. y Mendoza, M. (2015b). Estudio en Túnel de Viento del edificio terminal del aeropuerto de Acapulco. *Instituto de Ingeniería, UNAM*.
- Hackett, J. (2003). Recent developments in the calculation of low-speed solid-wall wind tunnel wall interference in tests of large models. Part I: evaluation of three interference assessment methods. *Progress in Aerospace Sciences*, 39, 537-583.
- Hunt, J. y Fernholz, H. (1974). Wind-tunnel simulation of the atmospheric boundary layer: a report on Euromech 50. *Department of applied mathematics and theoretical physics and department of engineering, University of Cambridge*.
- Isyumov, N. (2012). Alan G. Davenport's mark on wind engineering. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 104-106, 12-24.
- Kozmar, H. (2010). Truncated vortex generators for part-depth wind-tunnel simulations of the atmospheric boundary layer flow. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 99, 130-136.
- Kaiser, J., Nasarullah, H., Richard, B. y Fang, L. (2014). A validated design methodology for a closed-loop subsonic wind tunnel. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 125, 180-194.
- Kulkarni, V., Sahoo, N. y Chavan, S. (2011). Simulation of honeycomb-screen combinations for turbulence management in a subsonic wind tunnel. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 99, 37-45.
- Loehrke, R. y Nagib, H. (1976). Control of free-stream turbulence by means of honeycombs: A balance between suppression and generation. *Journal of Fluids Engineering*, 342-351
- Melbourne, W. (1982). Wind tunnel blockage effects and corrections. *Proceedings of the International Workshop on Wind tunnel Modeling Criteria and Techniques in Civil Engineering Applications*.
- Moonen, P., Blocken, B., Roels, S. y Carmeliet, J. (2006). Numerical modeling of the flow conditions in a closed-circuit low-speed wind tunnel. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 94, 699-723.
- Rainbird, J., Peiró, J. y Graham, J. (2015). Blockage-tolerant wind tunnel measurements for NACA 0012 at high angles of attack. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 145, 209-218.
- Ross, I. y Altman, A. (2011). Wind tunnel blockage corrections: Review and application of Savonius vertical-axis wind tunnel. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 99, 523-538.
- Smith, J., Masters, F., Liu, Z. y Reinhold, T. (2012). A simplified approach to simulate prescribe boundary layer flow conditions in a multiple controlled fan wind tunnel. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 109, 79-88.