



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN**

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y ESTRUCTURAS**

***TRABAJO PRÁCTICO***

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMA DISIPADOR DE LA FUERZA EJERCIDA POR LA ACCIÓN DEL  
VIENTO SOBRE ANUNCIOS ESPECTACULARES**

**PRESENTA**

José de Jesús Velasco Jáuregui

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERIA CIVIL**

**TUTOR**

M. en I. Jorge Eudave Muñoz

Aguascalientes, Ags, 19 de Noviembre de 2013



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

**DOCTOR MARIO EDUARDO ZERMEÑO DE LEÓN**  
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN  
P R E S E N T E

Por medio del presente como Tutor designado del estudiante **JOSÉ DE JESÚS VELASCO JÁUREGUI** con ID 44033 quien realizó el trabajo práctico titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMA DISIPADOR DE LA FUERZA EJERCIDA POR LA ACCIÓN DEL VIENTO SOBRE ANUNCIOS ESPECTACULARES**, y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia, me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que el pueda proceder a imprimirlo, y así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E  
"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 11 de Noviembre de 2013.

M. en I. Jorge Eudave Muñoz  
Tutor de trabajo práctico

V. B.

c.c.p.- Interesado  
c.c.p.- Secretaría de Investigación y Posgrado  
c.c.p.- Jefatura del Depto. de Construcción y Estructuras  
c.c.p.- Consejero Académico  
c.c.p.- Minuta Secretario Técnico

## ÍNDICE GENERAL

	<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>1</b>
	<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>3</b>
	<b>ÍNDICE DE GRÁFICAS</b>	<b>4</b>
	<b>ÍNDICE DE IMÁGENES</b>	<b>5</b>
	<b>RESUMEN</b>	<b>6</b>
	<b>ABSTRACT</b>	<b>7</b>
	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
<b>I.</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	<b>12</b>
	I.I GENERALIDADES SOBRE EL VIENTO	12
	I.I.I GENERALIDADES SOBRE EL VIENTO EN LAS ESTRUCTURAS	14
	I.II SOBRE ANUNCIOS ESPECTACULARES	15
	I.II.I GENERALIDADES	15
	I.II.II SOBRE EL ANÁLISIS DE ANUNCIOS ESPECTACULARES	15
	I.II.III SOBRE FALLAS EN LOS ANUNCIOS ESPECTACULARES	16
	I.III DISIPADORES DE ENERGÍA	20
	I.IV NOMENCLATURA	24
<b>II.</b>	<b>DISEÑO Y ANÁLISIS DE MODELOS</b>	<b>26</b>
	II.I ANÁLISIS DE ANUNCIO ESPECTACULAR COMÚN	26
	II.I.I ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO PASO A PASO	26
	II.I.II ANÁLISIS EMPLEANDO SOFTWARE	35
	II.I.III RESULTADOS	36
	II.II DELIMITACIONES Y SALVEDADES SOBRE EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS MODELOS	37
	II.III DISEÑO DEL MODELO UNO	39
	II.III.I DESCRIPCIÓN Y PLANO DE CADA SECCIÓN. MODELO UNO	41
	II.IV ANÁLISIS DEL MODELO UNO	42
	II.IV.I PLANTEAMIENTO. ANÁLISIS CON EL VIENTO NORMAL AL PANEL. MODELO UNO	42
	II.IV.II SOLUCIÓN DEL PLANTEAMIENTO. MODELO UNO	43
	II.V DISEÑO DEL MODELO DOS	49
	II.V.I DESCRIPCIÓN Y PLANO DE CADA SECCIÓN. MODELO DOS	50
	II.VI ANÁLISIS DEL MODELO DOS	52
	II.VI.I PLANTEAMIENTO. ANÁLISIS CON EL VIENTO NORMAL AL PANEL. MODELO TRES	52
	II.VI.II SOLUCIÓN DEL PLANTEAMIENTO. MODELO DOS	52
	II.VII DISEÑO DEL MODELO TRES	56
	II.VII.I DESCRIPCIÓN Y PLANO DE CADA SECCIÓN. MODELO TRES	56
	II.VIII ANÁLISIS DEL MODELO TRES	59
	II.VIII.I PLANTEAMIENTO. ANÁLISIS CON EL VIENTO NORMAL AL PANEL. MODELO TRES	59
	II.VIII.II SOLUCIÓN DEL PLANTEAMIENTO. MODELO TRES	61

<b>III.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>65</b>
	III.I RESULTADOS DEL PROCESO DE ANÁLISIS DE LOS TRES MODELOS	65
	III.II ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN Y PEDESTAL CON RESULTADOS DE MODELOS	74
	III.II.I ANÁLISIS DEL PEDESTAL	74
	III.II.II ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN	77
	III.III PRESUPUESTACIÓN SIMPLE Y COMPARACIÓN CON MODELO COMÚN	81
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>83</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>86</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Nombre	Página
1	Presiones y fuerzas de diseño y momentos de volteo	36
2	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 30 km/h, modelo uno	44
3	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 50 km/h, modelo uno	44
4	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 70 km/h, modelo uno	45
5	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 90 km/h, modelo uno	45
6	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 110 km/h, modelo uno	46
7	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 130 km/h, modelo uno	46
8	Momento Actuante y Momento Resistente para ángulo de 6°, modelo uno	47
9	Momento Actuante y Momento Resistente aumentado el peso de la sección, modelo uno	48
10	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 30 km/h, modelo dos	53
11	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 50 km/h, modelo dos	53
12	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 70 km/h, modelo dos	54
13	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 90 km/h, modelo dos	54
14	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 110 km/h, modelo dos	55
15	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 130 km/h, modelo dos	55
16	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 30 km/h, modelo tres	61
17	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 50 km/h, modelo tres	62
18	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 70 km/h, modelo tres	62
19	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 90 km/h, modelo tres	63
20	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 110 km/h, modelo tres	63
21	Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 130 km/h, modelo tres	64
22	Relación de velocidad y ángulo de apertura todos los modelos	65
23	Cálculo del momento de volteo del modelo uno	68
24	Velocidad regional y momento de volteo del modelo uno con 6°	69
25	Velocidad regional y momento de volteo del modelo uno aumento de peso en la sección	70
26	Velocidad regional y momento de volteo del modelo dos	71
27	Cálculo del momento de volteo del modelo tres	72
28	Cálculo del pedestal empleando el momento producido por una velocidad de 130 km/h	76
29	Cálculo del pedestal empleando el momento máximo de volteo	77
30	Cálculo de la cimentación empleando el valor del momento de volteo con una velocidad de 130 km/h	79
31	Cálculo de la cimentación empleando el valor del momento de volteo máximo	80
32	Presupuesto de conceptos importantes de 3 modelos	81
33	Presupuesto de conceptos importantes de 3 modelos	82

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica	Nombre	Página
1	Relación $V_R$ y Momento de Volteo	37
2	Relación Velocidad del Viento con Ángulo de Giro, modelo uno	65
3	Relación Velocidad del Viento con Ángulo de Giro, modelo uno a 6°	66
4	Relación Velocidad del Viento con Ángulo de Giro, modelo uno con aumento en peso	66
5	Relación Velocidad del Viento con Ángulo de Giro, modelo dos	67
6	Relación Velocidad del Viento con Ángulo de Giro, modelo tres	67
7	Velocidad regional y momento de volteo del modelo uno	69
8	Velocidad regional y momento de volteo, modelo uno a 6°.	70
9	Velocidad regional y momento de volteo modelo uno aumento de peso en la sección	71
10	Velocidad regional y momento de volteo modelo dos	72
11	Velocidad regional y momento de volteo modelo tres	73
12	Velocidad de Diseño y Momento de Volteo para paneles permeables	73
13	Comparación de costos de los modelos	82
14	Cambio de características del modelo dos	84
15	Cambio de características del modelo dos	84



## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen	Nombre	Página
1	Circulación del aire alrededor de la tierra	12
2	Ejemplos de aprovechamiento de la acción del viento	13
3	Ejemplos de aprovechamiento de la acción del viento	13
4	Disminución o aumento de la velocidad del viento, evidenciada en ciudades muy y poco pobladas	14
5	Disminución o aumento de la velocidad del viento, evidenciada en ciudades muy y poco pobladas	14
6	Flujo del viento sobre obstáculos, presiones y succiones	14
7	Fallas en paneles	17
8	Fallas en paneles	17
9	Fallas en conexiones pedestal-panel	17
10	Fallas en el pedestal	18
11	Fallas en el pedestal	18
12	Fallas en conexiones pedestal-placa-base	18
13	Fallas en conexiones pedestal-placa-base	18
14	Fallas en anclas-base-zapata	19
15	Fallas en anclas-base-zapata	19
16	Fallas del suelo de la cimentación	19
17	Fallas del suelo de la cimentación	19
18	Ejemplos de espectaculares de secciones rotativas	20
19	Ejemplos de espectaculares de secciones rotativas	20
20	Túnel de viento donde se realizan investigaciones sobre el comportamiento de este	21
21	Primer propuesta como disipador de la acción del viento	21
22	Primer propuesta como disipador de la acción del viento	21
23	Segunda propuesta para disipador de la acción del viento	22
24	Esquema segunda propuesta para disipador de la acción del viento	22
25	Propuesta construida	22
26	Fotografía de a propuesta montada para superar los 10 m de altura	23
27	Vista x,z de la tercer propuesta dinámica	23
28	Isométrico de tercer propuesta	23
29	Tabla para la obtención del factor $\alpha$	27
30	Tabla para la obtención de la rugosidad y topografía del terreno	27
31	Esquema de anuncio espectacular	29
32	Tabla para la obtención del factor a y n en base a la rugosidad	30
33	Gráfica para la obtención del factor de respuesta dinámica	31
34	Tabla para la obtención de los factores de respuesta dinámica F	32
35	Tabla para la obtención de los factores de respuesta dinámica S	32
36	Gráfica para la obtención del factor de respuesta dinámica g	33
37	Tabla para la obtención del coeficiente de presión local	33
38	Tabla para la obtención del coeficiente de arrastre	34
39	Datos de anuncio espectacular modelo común	35
40	Resultados de análisis	36
41	Seccionamiento del panel del modelo uno	39
42	Funcionamiento del panel del modelo uno	40
43	Funcionamiento de la sección bajo la acción del viento del modelo uno	41
44	Descripción de la sección del modelo uno	42
45	Diagrama de cuerpo libre del Momento Actuante y Momento Resistente del modelo uno	43
46	Seccionamiento del panel del modelo dos	49
47	Funcionamiento de la sección bajo la acción del viento, modelo dos	50
48	Descripción de la sección modelo dos	51
49	Diagrama de cuerpo libre del Momento Actuante y Momento Resistente, modelo dos	52
50	Seccionamiento del panel del modelo tres	56
51	Seccionamiento del panel del modelo tres	57
52	Funcionamiento de la sección	57
53	Cambio de cara del panel	58
54	Sección del modelo tres	59
55	Diagrama de cuerpo libre del modelo tres	60
56	Momento de volteo en anuncio espectacular	68

## RESUMEN

El presente trabajo es una intervención experimental sobre anuncios espectaculares, específicamente sobre la acción que el viento ejerce sobre estos, los analizados dentro de este trabajo serán los anuncios espectaculares de pedestal, ya que son de los más comunes al menos en la ciudad de Aguascalientes además de que con ellos se pueden lograr mayores alturas afectando una cantidad menor de área.

El presente trabajo consiste en el diseño y análisis de un sistema que permita disipar la acción del viento sobre el panel del espectacular que es donde va adherida la publicidad, dicho implemento en el panel permite la posibilidad de que este aun cuando esté formado por lámina solida permita el libre paso del viento volviéndolo permeable. Al haber conseguido que el panel se vuelva permeable la presión de carga sobre este disminuirá, lo cual traerá como consecuencia inmediata la disminución del momento de volteo, el cual es uno de los resultados más críticos al momento del análisis y diseño del pedestal, al lograrse una reducción de esta fuerza se obtienen menores fuerzas en la base de la estructura, y con ello una optimización de recursos.

El presente trabajo plantea tres diseños diferentes tipos de paneles que permiten el paso del flujo del viento, los tres fueron comparados previamente con otro sin esta característica, y posteriormente bajo esta condición de permeabilidad encontrándose una mejoría dado la reducción de fuerzas sobre el panel; sin embargo la investigación y análisis mayor del presente estuvo enfocada en encontrar las ecuaciones que rigen el comportamiento de estos sistemas, así como una valoración e interpretación por medio de gráficas para que fuese más fácil su entendimiento.

Los mecanismos que permiten al panel seccionado en dovelas el flujo del paso del aire son mecanismos simples basados en el uso de gatillos, resortes, pernos, rodamientos, pero básicamente solo una diferente estructuración del panel, volviendo a este permeable y a cada una de las secciones en las cuales están divididos giratorios sobre su propio eje, esto con el fin de no afectar el fin del mismo, el cual es mostrar una imagen publicitaria que va dirigida a cada persona que observe el anuncio.

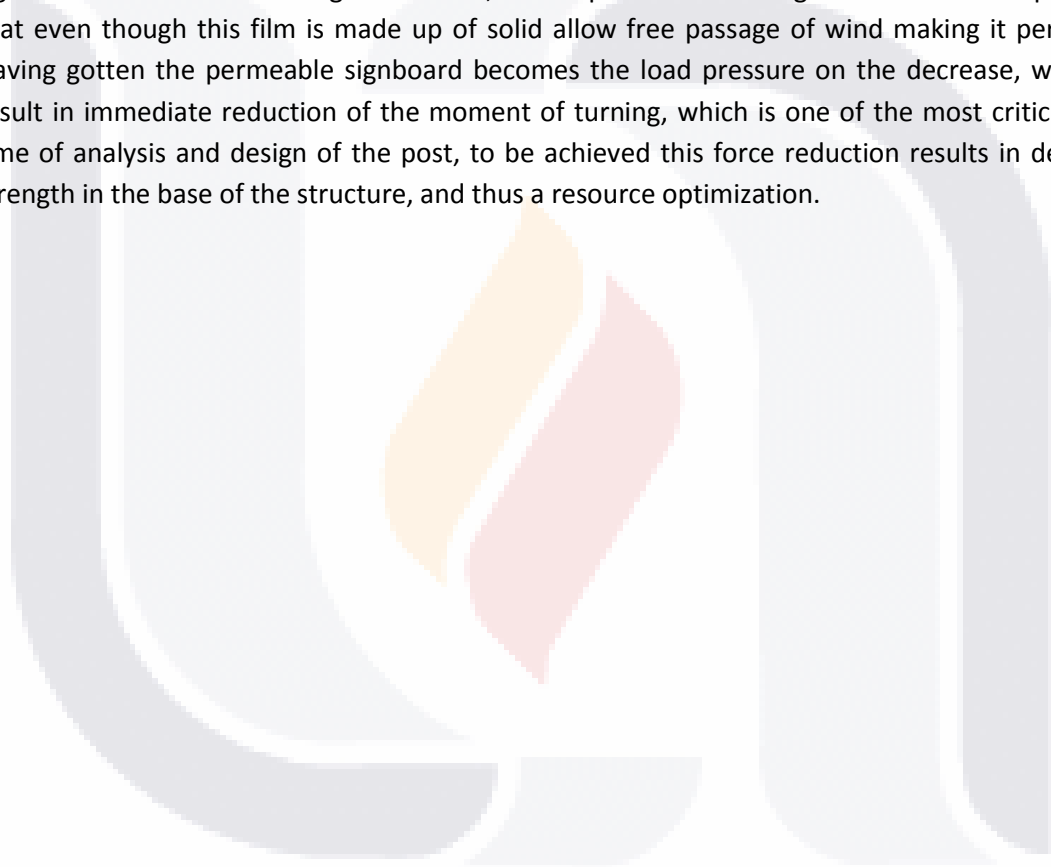
Ninguno de los tres diferentes diseños fue construido, en la teoría si funcionaron obteniéndose resultados favorables en la disminución del momento de volteo, el análisis finaliza con una comparación en los costos de realización de los modelos y su comparación con anuncio espectacular común, y considerando más variables para llegar así a una conclusión más concisa sobre si es viable la realización de alguno de los diseños planteados.



## ABSTRACT

The present work is an experimental intervention on billboards, specifically about the action that the wind exerts on these, those discussed in this work will be the post billboards as they are of the most common at least in the city of Aguascalientes also that with them greater heights can be achieved affecting a smaller amount of area.

This work involves the design and analysis of a system to dissipate the wind action on spectacular signboard is where advertising is adhered , said implement in the signboard allows the possibility that even though this film is made up of solid allow free passage of wind making it permeable. Having gotten the permeable signboard becomes the load pressure on the decrease, which will result in immediate reduction of the moment of turning, which is one of the most critical at the time of analysis and design of the post, to be achieved this force reduction results in decreased strength in the base of the structure, and thus a resource optimization.



## INTRODUCCIÓN

### DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los elevados costos en los medios electrónicos originaron que durante la segunda mitad de la década de los noventas los Anuncios Espectaculares crecieran indiscriminada e ilegalmente en cualquier parte del territorio nacional. Los altos precios publicitarios en los diferentes medios masivos de comunicación han contribuido considerablemente en la saturación de Anuncios Espectaculares en muchas ciudades del país y aunque es difícil precisar el número de paneles publicitarios existentes en el estado, en algunas ocasiones los Anuncios Espectaculares se llegan a convertir en puntos de referencia importantes tanto para la iniciativa privada o gobierno que hace uso de ellos como para el consumidor.

Pero ¿qué tiene que ver la ingeniería civil con esto?, pues que cada anuncio espectacular que se fabrica y se monta en algún lugar del país o del estado, fue analizado por algún analista estructural, el cual en función a uno de los objetivos principales de la ingeniería estructural que es la optimización de los recursos llegó como conclusión del análisis a un diseño, el cual versará generalmente sobre dos diferentes tipos: un tipo de diseño consistente en un panel o dos paneles montados sobre un pedestal, y el otro tipo de diseño consistente en un panel sobre una armadura la cual tiene más de dos apoyos al piso; en donde la premisa básica de análisis estructural a vencer es el de la fuerza generada por el viento al panel, el cual le provoca al esqueleto un momento de volteo, siendo este el criterio principal de diseño de los elementos que lo sostienen así como de la cimentación.

### PLANTEAMIENTO PARA EL PROPIETARIO DEL ANUNCIO ESPECTACULAR

Para mediados del año 2013 en el estado de Aguascalientes la construcción y montaje de un anuncio espectacular de pedestal de aprox. 10 m de altura a la base del panel, con un panel de 6 metros de ancho por 12 metros de largo, cuesta aproximadamente cuatrocientos mil pesos, sin embargo si al propietario se le plantea una opción de construcción más económica seguramente aceptará, sin embargo dicha opción propone cambios a la estructura los cuales serán significativos o no, sin embargo dichos cambios significarán un cambio en la deseabilidad (lo cual no es fin del presente analizar) del anunciante por hacer uso de dicho anuncio espectacular.

## PLANTEAMIENTO PARA EL ANALISTA DE ESTRUCTURAS

Para optimizar una estructura metálica la cual su sollicitación de cargas principal es debida a viento, entonces el estudio se encamina a la posibilidad de disminuir el área de contacto del viento con aquellas partes sólidas de la estructura que al momento de recibir la acción del viento le ocasionen a esta un esfuerzo. Para el tema tratado, anuncios espectaculares, lo más directo es en una disminución del área del panel, sin embargo esto también disminuye la deseabilidad del anunciante por lo tanto es una idea no muy práctica; lo siguiente sería en paneles permeables así como el plástico o papel adherible también donde este impresa el anuncio publicitario tendría que ser también permeable, para la combinación de estos dos elementos permeables sugiere que ambos tengan micro perforaciones, sin embargo para que en conjunto funcionen de manera correcta es decir que se mantenga la permeabilidad del elemento compuesto deben de ser montados de tal manera que cada micro perforación del panel coincida con la del elemento impreso y de manera funcional se vuelve muy complejo, casi imposible. Es por ello que el analista estructural debe plantear la posibilidad de una estructura que permita el paso del viento para aminorar la fuerza generada sobre esta y con ello disminuir cantidad de kilogramos, pero que además no suponga un problema al momento de montar la publicidad ni tampoco que el panel se vea severamente afectado en su diseño porque puede verse afectada la deseabilidad del anunciante.

## HIPÓTESIS

Para una estructura como lo es un anuncio espectacular del tipo panel y pedestal, la sollicitación de carga de más importante y crítica sobre la cual va a versar el análisis y diseño del mismo es debida a la acción del viento generada sobre el panel, por lo tanto si el panel cuenta con algún sistema debido a su forma, mecanismo o cualquier otra característica que permita la liberación de la acción del viento generada sobre este, se podrá disminuir la carga transmitida a la estructura y con ello optimizar el material con el cual está construida.

## OBJETIVO

Diseñar y analizar algún par de modelos de anuncios espectaculares con algún sistema o mecanismo los cuales permitan el paso del viento en el panel, esto para lograr la disminución de la carga o esfuerzo que se genera sobre la estructura, pero que al mismo el panel que es el espacio al cual se adhiere la publicidad no se vea afectado significativamente en su geometría, forma y función.

## JUSTIFICACIÓN

Para el mes de septiembre de 2004 según la Asociación Mexicana de Publicidad Exterior (AMPE) identificó al menos 337 anuncios espectaculares, esta cifra a nueve años de distancia no ha sido actualizada con precisión sin embargo se estima que haya crecido en un 25%. En el año 2010 el sector de publicidad exterior ganó cerca de 4572 millones de pesos, 8% de los ingresos de la industria publicitaria y lo hizo a través de 30,000 espectaculares ubicados en todo el país, de los cuales la mitad se encuentra en la Zona Metropolitana del Valle de México, según cifras de la Confederación de la Industria de la Comunicación Mercadotécnica.

Además de la rentabilidad así como de la derrama económica que genera esta industria han existido algunos eventos desafortunados en donde algunos anuncios espectaculares o mamparas elevadas como también son llamados se han colapsado, tal es el caso del paso del Huracán Isidoro en el año 2002 por el paso de Mérida y Quintana Roo en donde los vientos máximos sostenidos de hasta 185 km/h y las rachas de 220 km/h provocaron la caída de varias de estas estructuras. Es por ello que es necesario el análisis y desarrollo de un modelo que disipe la energía del viento para este tipo de estructuras, y pueda ser para cubrir la necesidad económica del propietario de obtener una estructura más esbelta de menor tonelaje, o bien para cubrir con un factor de seguridad mayor la posibilidad de una excedencia en la velocidad del viento, o lo que sería mejor cubrir ambas.

## DELIMITACIONES, ALCANCES Y EXCLUSIONES

El presente trabajo analiza el anuncio espectacular en sus condiciones normales sin ningún tipo de cambio y además analiza los diferentes modelos propuestos, todos los análisis son únicamente bajo las cargas de viento y solo de manera normal al espectacular; no se considera ninguna otra característica que afecte el flujo del viento y su acción sobre el anuncio espectacular más que las consideradas por las Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal, así como por el Manual de Obras Civiles en su apartado de Diseño por Viento de CFE.

El alcance es el de proponer algunos diseños y/o modelos de paneles mediante mecanismos simples a base de resortes o sin el uso de estos, los cuales permitan el flujo del aire en alguna proporción, además del análisis de dichos modelos con las cargas disminuidas ejercidas por la acción del viento; dichos modelos son presupuestados y comparados con un modelo común para que además de conocer si existe una eficiencia al momento de recibir la acción del viento es también rentable su fabricación.

Las características físicas que envuelvan tanto al análisis del anuncio real como al de los modelos es del estado de Aguascalientes, sin embargo la variable Velocidad Regional del viento variará en los análisis debido a que se busca encontrar para que lugar con tales características de velocidad del viento es más favorable la construcción de dichos modelos.

Además para fines del presente cada vez que se mencione anuncio espectacular siempre se está refiriendo a aquel que está formado por mampara o panel y un pedestal, aunque existen de algunos otros tipos, estos quedan excluidos.

## MÉTODO

De manera simplificada el método llevara el siguiente orden:

- 1.-** Conocimiento general al menos en el estado del tipo de anuncio espectacular más fabricado montado, así como la investigación sobre métodos de disipación de la acción del viento sobre estructuras semejantes, en caso de existirlos.
- 2.-** Análisis de un anuncio espectacular de diseño común y conocimiento de las variables que más afectan el desempeño estructural de este.
- 3.-** Diseño de paneles permeables, a nivel de dibujo, características geométricas y características de los materiales que los componen.
- 4.-** Análisis y modelado de los diseños propuestos, con tablas que involucren todas las variables existentes; graficado de variables e interpretación de las mismas.
- 5.-** Presupuestación de modelos así como de un modelo común, bajo el efecto de las mismas cargas y comparación del mismo.

## I. ANTECEDENTES

### I.I GENERALIDADES SOBRE EL VIENTO

El viento es el flujo de gases a gran escala originado, en gran medida, por corrientes térmicas en los primeros 15 kilómetros por encima de la superficie terrestre; en esta región llamada troposfera, el aire es calentado por la radiación del sol, del total de la energía 40% permanece en la zona infrarroja del espectro solar. Esta energía infrarroja se absorbe por la superficie terrestre y se regresa a la troposfera. Una zona caliente como los trópicos tendrán una columna de aire caliente por encima de su superficie, y las regiones polares tendrán una columna densa fría por encima de ellas. Para una altura la presión en la columna fría  $P_2$  será menor que en la caliente  $P_1$  y el aire fluirá de la región de alta presión a la de baja presión. Esta consideración conduce de una circulación de aire de las regiones polares a la de los trópicos.

Un segundo factor importante en el movimiento del aire a gran escala es la rotación de la tierra que da lugar a dos efectos: la rotación produce una aceleración sobre las partículas del aire que provoca un movimiento de las partículas de aire hacia la derecha de su dirección de movimiento en el hemisferio norte, y hacia la izquierda en el hemisferio sur. Esta fuerza es proporcional a la velocidad angular de la tierra alrededor de su eje. El segundo efecto de la rotación de la tierra se hace evidente en las latitudes medias. Debido a la rotación de la tierra las partículas de aire en la atmósfera tiene un momento angular dirigido de oeste a este.

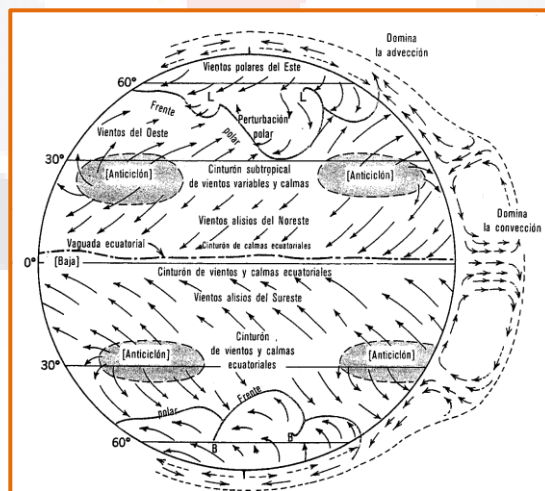
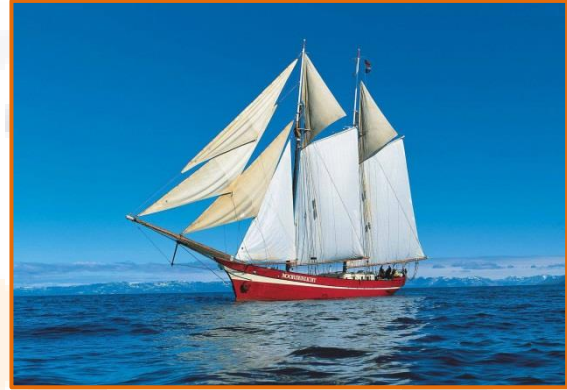


Imagen 1, circulación del aire alrededor de la tierra. Fuente D.P.

En general el patrón del viento y presión se muestra en la figura anterior.

En la civilización humana el viento ha tenido afectaciones en una innumerable lista de sucesos históricos inclusive en guerras el viento ha sido factor determinante hasta en incendios forestales influye en gran medida; ha sido factor preponderante y elemento principal en el desarrollo y creación de equipos de transporte como lo son: veleros, globos aerostáticos, planeadores, entre muchos otros; así como también han proporcionado una fuente de energía para el trabajo mecánico el cual es convertido generalmente en energía eléctrica; es por ello que el viento no puede dejarse de lado al momento de diseñar casi cualquier tipo de edificación y sobre todo menos como lo es un anuncio espectacular formado por un panel elevado sobre un poste esbelto.



Imágenes 2 y 3, ejemplos de aprovechamiento de la acción del viento. Fuente D.P.

Sin duda para las estructuras como de la que trata el presente es muy importante la variación de la altura al cual se encuentra colocado el panel, debido a que por obvias razones a mayor altura y extensión del panel mayor expectación y alcance visual tendrá, por lo tanto en materia de mercadotecnia mayor impacto, y este el fin último de este tipo de estructuras, sin embargo al aumentar la altura aumentará y no de manera lineal la velocidad, claro está que al aumentar la velocidad aumenta la presión de diseño, siendo esta última el elemento más importante al momento de calcular estructuras semejantes. La rugosidad del terreno retrasa la velocidad del viento cerca del terreno y las capas más bajas de aire retrasan aquellas ubicadas por encima resultando en diferentes velocidades de viento desde el nivel del terreno hasta que las fuerzas entre capas de viento hacen la velocidad igual a cero. El cambio de la velocidad del viento, debido a la rugosidad del terreno se llama viento cortante. Una expresión que relaciona velocidades de viento con la altura es:

$$\frac{V_z}{V_{z,0}} = \left(\frac{z}{z_0}\right)^\alpha$$

Donde  $V_z$  es la velocidad del viento a una altura  $z$  por encima del terreno natural;  $V_{z,0}$  es la velocidad del viento a la altura de referencia  $z_0$ , generalmente de 10 m. Las medidas experimentales efectuadas en la variación del viento indican que para alturas mayores a 10 m, la velocidad del viento aumenta en forma exponencial como ya se mencionó anteriormente con la potencia  $1/\alpha$ . Donde los valores de  $\alpha$  dependen del cambio de la velocidad promedio por hora con

respecto a su altura, del cambio de la velocidad de ráfaga con la altura y del cambio del factor de ráfaga con la altura, principalmente. Los reglamentos definen la velocidad de diseño como el promedio de velocidad que se obtiene en un periodo de tiempo del orden de algunos minutos; sin embargo, se consideran factores de incremento para el diseño de elementos estructurales. La velocidad gradiente a gran altura, es típica de una región dada, esta velocidad se reduce a medida que nos acercamos a la superficie del terreno, más rápidamente mientras más rugosidad presente la superficie del terreno. En campo abierto y en terreno plano la velocidad del viento se mantendrá muy alta aún a pequeña altura mientras que en zonas con alta densidad de construcciones se reducirá más rápidamente.



Imagen 4 y 5, disminución o aumento de la velocidad del viento, evidenciada en ciudades muy y poco pobladas. Fuente D.P.

### I.I.I GENERALIDADES SOBRE EL VIENTO EN LAS ESTRUCTURAS

Como todo fluido, cuando el viento libre es obstaculizado por un objeto fijo, se desvía para rodearlo. Estos desvíos de flujo producen presiones sobre el objeto, entre otras fuerzas.

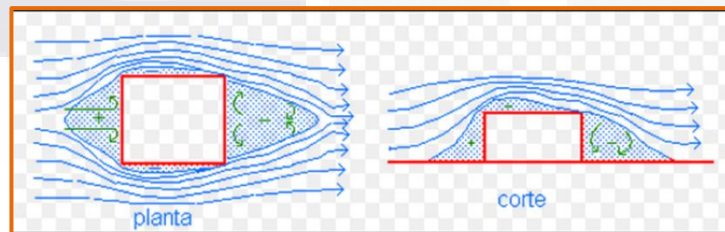


Imagen 6, Flujo del viento sobre obstáculos, presiones y succiones. Fuente D.P.

Las partículas de aire golpean la cara expuesta directamente al flujo del viento y se opone a su libre circulación, esta cara es denominada de barlovento, ejerciendo sobre ella empujes; en la cara opuesta, llamada de sotavento, las estelas del flujo se separan del objeto provocando succiones. Estos dos efectos se suman dando lugar a una fuerza de arrastre sobre el objeto. En las caras



laterales se presenta una distribución de presión que varía de empuje a succión según la geometría de las superficies expuestas. Cuando una estructura se interpone en la corriente de aire, la velocidad del aire se detiene y se anula en el lado de barlovento; se acelera en sus costados y se crea un remolino en la parte superior y posterior. Por esta razón, la estructura es sometida a presiones positivas en el lado de barlovento y negativa en el resto de la estructura. La presión siempre será proporcional al cuadrado de la velocidad la cual varía también con respecto a la altura. Los efectos del viento se tratan como un problema estático, con consideraciones particulares dependiendo del efecto global sobre el sistema estructural y para el diseño local de elementos del sistema, o para componentes no estructurales de fachada o cubierta. El parámetro básico para fijar la intensidad de la acción de diseño es la velocidad máxima con que el viento puede actuar sobre un sistema estructural durante su existencia. La velocidad que se usa para el diseño es aquella que tiene una probabilidad pequeña de ser excedida durante el periodo de interés, es decir, la que representa un valor característico o nominal de dicha variable.

## I.II SOBRE ANUNCIOS ESPECTACULARES

### I.II.I GENERALIDADES

Para el año 2013 la Secretaría de Desarrollo Urbano Municipal (SEDUM) señala que para el municipio Aguascalientes existen al menos 466 anuncios publicitarios entre espectaculares, lonas y vallas, de los cuales la mayoría de espectaculares, tan solo en poco menos de tres años se habían autorizado alrededor de 40 nuevas licencias, lo que significa un significativo crecimiento en el empleo de estas estructuras. Los anuncios espectaculares para la ciudad de Aguascalientes se encuentran en promedio entre 10 y 20 ml de altura desde el nivel de piso hasta la parte baja del panel; según su importancia y según el Código Municipal de Aguascalientes este tipo de estructuras está en la clasificación del grupo B, ya que al fallar pudieran generar pérdida de vidas humanas, daños materiales y además pondría en riesgo a otras construcciones. Por su proporción geométrica, los anuncios espectaculares tienen generalmente una dimensión corta paralela a la dirección del viento, lo cual ocasiona que sea especialmente sensible a las ráfagas de corta duración y cuyos periodos naturales favorecen la ocurrencia de oscilaciones importantes, por lo anterior los anuncios espectaculares generalmente son clasificados como estructura Tipo 2.

### I.II.II SOBRE EL ANÁLISIS DE ANUNCIOS ESPECTACULARES

Un anuncio espectacular es una estructura que no obstante su gran número de componentes y su aparente gran complejidad, el modelar teóricamente su comportamiento ante las acciones más

comunes a las que está sometida durante su vida útil tales como la acción gravitatoria y la de viento, consta en una simplificación de los siguientes pasos:

- 1) Establecer el peso propio del anuncio, el cual dependiendo de las dimensiones de la estructura generalmente oscila entre 5 y 15 toneladas, las más comunes son del orden de 10 toneladas.
- 2) Establecer la presión del viento que actuará en dirección normal al panel y mínimamente sobre el pedestal.
- 3) Con las fuerzas verticales y horizontales se procede al diseño de todos los componentes, generalmente solo los componentes principales y de la cimentación.

Básicamente trata de una viga-columna en posición vertical, empotrada en uno de sus extremos y libre en el otro, sometida a una fuerza longitudinal vertical a compresión y otras fuerzas transversales al dicho eje. La etapa referente al análisis estructural es como una viga isostática.

#### I.II.III SOBRE FALLAS EN LOS ANUNCIOS ESPECTACULARES

Una mampara o panel elevado puede colapsar de muchas formas; algunos tipos de falla pueden no ser graves o peligrosas pero otros sí lo son; se presenta a continuación una breve lista de los principales tipos de fallas ocurridos durante el paso del huracán Isidoro, el cual tuvo como características principales: vientos promedio de alrededor de 170 km/hr con rachas de hasta 230 km/hr y con una duración de 11 horas en forma intensa. Los tipos de falla observados son:

- a) De los elementos estructurales del panel.
- b) De la conexión pedestal-panel.
- c) Del pedestal.
- d) De la conexión pedestal-placa base.
- e) De las anclas placa-base-zapata.
- f) De la cimentación (o suelo).

Las anteriores se describen de manera gruesa y se ejemplifican con imágenes a continuación.

a) FALLA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PANEL

En las imágenes 7 y 8 se muestran algunas de las fallas típicas de los paneles ocurridas durante Isidoro. Como puede observarse este tipo de falla no es de gran peligrosidad ya que aun cuando la mampara colapsó por la falla de sus elementos estructurales, ésta no llegó al suelo ni a construcciones aledañas permaneciendo en la parte alta del pedestal (al ser abatida a su posición horizontal no ofrece oposición a la presión horizontal del viento condición que, combinada con el comportamiento dúctil del material de la mampara evita que vuele y se impacte con las construcciones aledañas). Este tipo de falla ilustra mucho sobre la necesidad de realizar el proceso de cálculo estructural aún para los componentes estructurales en teoría más insignificantes, como los que hay en el propio panel.



Imagen 7 y 8, fallas en paneles. Fuente Artículo de Divulgación Baeza J. et. al. / Ingeniería 8-3 (2004)

b) FALLA DE LA CONEXIÓN PEDESTAL-PANEL

En la imagen 9 se muestra un caso de falla de la unión o conexión entre el pedestal y la mampara. Este tipo de falla es muy peligrosa ya que implica necesariamente la pérdida total de la mampara y el consiguiente impacto de ella sobre personas o bienes. La enseñanza que nos deja este tipo de falla es que el diseño de tornillos, pernos, remaches o soldaduras, aun tratándose de pequeños componentes es necesario ya que al no hacerlo se crean condiciones de gran riesgo.



Imagen 9, fallas en conexiones pedestal-panel. Fuente Artículo de Divulgación Baeza J. et. al. / Ingeniería 8-3 (2004)

c) FALLA DE PEDESTAL

Este tipo de falla fue la más común ocurrida durante el paso del huracán Isidoro. En las imágenes 10 y 11 se presentan casos de fallas de pedestal. Este tipo de falla es de las más comunes, durante el paso del huracán Isidoro algunos de estos paneles impactaron sobre las azoteas de varias casas y demás construcciones, colapsando los tableros de losas; en la región peninsular yucateca, la dimensión del problema alcanza niveles de tragedia de gran magnitud.



Imagen 10 y 11, fallas en el pedestal. Fuente Artículo de Divulgación Baeza J. et. al. / Ingeniería 8-3 (2004)

d) FALLA DE LA CONEXIÓN PEDESTAL-PLACA-BASE

En las imágenes 12 y 13 se muestran las fallas estructurales de los elementos de la conexión pedestal-placa-base; como puede observarse, esta falla fue producida por el punzonamiento de la placabase por las tuercas de las anclas y por el barrido de las tuercas, las cuales en su mayoría presentaban elevados niveles de corrosión; sin embargo, pueden presentarse también fallas de la soldadura de unión entre los acartelamientos y el tubo del pedestal con la placa base. Nuevamente esta falla fue inducida por los elevados niveles de corrosión existentes en las placas de los acartelamientos o en el tubo del pedestal o en la misma soldadura.



Imágenes 12 y 13, fallas en conexiones pedestal-placa-base. Fuente Artículo de Divulgación Baeza J. et. al. / Ingeniería 8-3 (2004)

e) FALLA DE LAS ANCLAS PLACA-BASE-ZAPATA

En las imágenes 14 y 15 se muestran las fallas de las anclas placa-base-zapata; esta falla es causada por la pérdida de adherencia entre las anclas y el concreto de la zapata o también puede ser causada por la fractura del ancla por tensión. Este tipo de falla implica a veces el abatimiento e impacto de todo el pedestal y el panel, por lo que su nivel de peligrosidad puede ser muy alto.



Imagen 14 y 15, fallas en anclas-base-zapata. Fuente Artículo de Divulgación Baeza J. et. al. / Ingeniería 8-3 (2004)

f) FALLA DEL SUELO DE LA CIMENTACIÓN

En las imágenes 16 y 17, se muestra respectivamente el volteamiento y la extracción de zapatas, se muestra el giro de la zapata en el suelo arenoso (100% friccionante) en el primer caso, en tanto que en el segundo caso ha colapsado el suelo circundante al dado o zapata propiciando la extracción de las zapatas.



Imagen 16 y 17, fallas del suelo de la cimentación. Fuente Artículo de Divulgación Baeza J. et. al. / Ingeniería 8-3 (2004)

### I.III DISIPADORES DE ENERGÍA

En el estado de Aguascalientes los anuncios espectaculares más comunes –por no decir todos-ninguno de ellos ha sido apreciado con algún elemento o sistema que disipe la acción del viento generada sobre el panel, y se supone que la mayoría en México tienen esta misma característica, sin embargo en los Estados Unidos existe un tipo de anuncios espectaculares en los cuales el panel se encuentra seccionado en varias partes alargadas en el eje vertical del elemento, dicha sección es giratoria y trata de un elemento hueco en forma de triángulo en donde en cada uno de sus lados tiene una diferente imagen publicitaria, sin embargo dichos anuncios no cambian de imagen por la acción del viento sino por una acción electromecánica.



Imagen 18 y 19, ejemplos de espectaculares de secciones rotativas. Fuente D.P.

De manera comercial no se conocen anuncios espectaculares que tengan disipadores de la energía que les es transmitida por la acción del viento, en algunos lugares como canchas de futbol y plazas comerciales se han observado anuncios que giran en su sentido normal al plano del anuncio o paralelo al plano del anuncio, sin embargo la finalidad de estos en ningún caso es el de disipar la acción de la energía del viento sino mostrar diferentes caras de la publicidad.

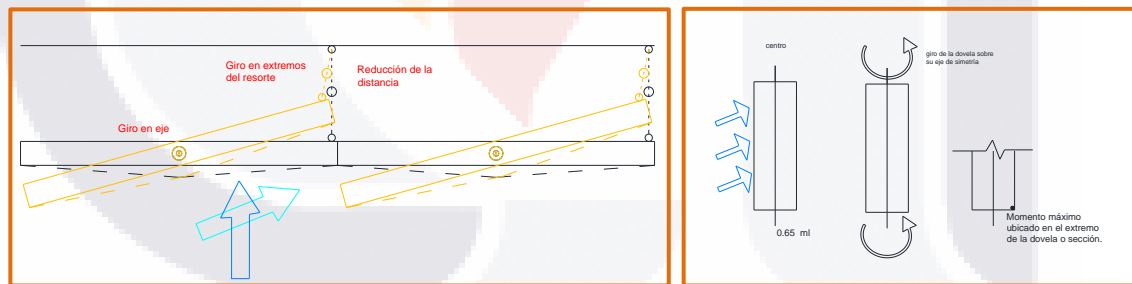
Mucho se ha estudiado sobre disipadores de energía debido a los sismos en edificios principalmente y también en algún otro tipo de construcciones, sin embargo sobre disipadores de energía debida a la acción del viento no, o al menos no han sido tan evidenciados y mostrados como los primeros. Actualmente se realizan numerosos estudios sobre el viento pero la mayoría de ellos encaminados a determinar experimentalmente con el uso de un túnel los efectos del viento sobre el medio y las estructuras como por ejemplo: la caracterización de la dispersión de contaminantes en la atmosfera, la erosión de suelos a través entre las interacciones de las partículas y el aire, la interacción del viento con las edificaciones, estudios aerodinámicos para autos o aeronaves entre otros.



Imagen 20, túnel de viento donde se realizan investigaciones sobre el comportamiento de este. Fuente D.P.

Sin embargo este tipo de estudios no ha sido tan dirigido al análisis o diseño de elementos mecánicos o dinámicos que disipen la acción o la energía que transmite el viento a cualquier tipo de edificación o estructura conocida. Es ahí donde el presente encuentra un espacio para la propuesta y el desarrollo de algún elemento simple que aminore el efecto de la acción del viento sobre lo más importante en un anuncio espectacular que es el panel. A lo largo de la presente investigación y previo a la decisión sobre que elemento o modelo de disipador sería conveniente incorporar en el panel, se realizaron distintos bocetos y propuestas que a continuación se presentan:

a) Propuesta uno:



Imágenes 21 Y 22, primer propuesta como disipador de la acción del viento. Fuente propia.

Esta primer propuesta planteaba la apertura de una sección del panel la cual giraría sobre su propio eje el cual sería simétrico a la sección, la acción del viento giraría a la dovela volviendo permeable al panel, tendía un resorte en la parte trasera a la cara de la publicidad para regresar a la dovela o sección a su posición original; sin embargo fue desechada la idea debido a que no se tendría control sobre el giro de la misma, además de que la colocación del resorte significaba engrosar elementos y además tener un mantenimiento sobre este y los elementos giratorios al cual estuviera fijado.

b) Propuesta dos:

Esta propuesta era muy semejante a la propuesta número uno con la variante de que el giro se encontraba en un extremo, sin embargo también fue rechazada debido a que como suponía el empleo de resortes que trabajan a torsión pero no sobre el eje de giro sino recibiendo un empuje y transmitiéndolo a la misma estructura en otro punto esto traería que quizá algunos resortes realizaran más trabajo que otros lo que traería como consecuencia perdida de rigidez lo cual ocasionaría que como la distancia de trabajo era justa entre el punto de apoyo y la sección, con el paso del tiempo las secciones no cerrarían justo y hubiera distorsiones en la imagen publicitada.

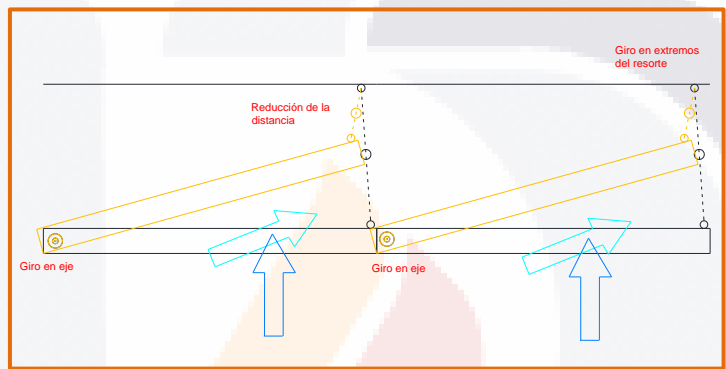


Imagen 23, segunda propuesta para disipador de la acción del viento. Fuente propia.

Inclusive este modelo fue desarrollado con un modelo a escala semejante, el cual fue colocado a una altura superior a los 10 metros, lo que se observó del modelo – el cual fue realizado con elevada precisión – era que las secciones o dovelas presentaban mucha vibración y lo que se había supuesto al haber insignificantes variaciones en la longitud y trabajo de los resortes, estos ocasionaron que las secciones no cerrara uniformemente.

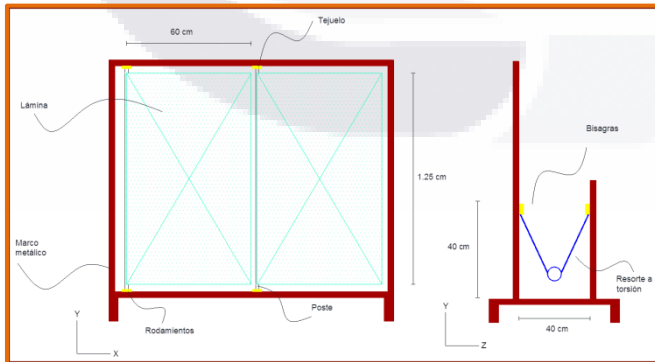


Imagen 24 Y 25, izq. esquema segunda propuesta para disipador de la acción del viento, der. propuesta construida. Fuente propia.



La propuesta fue montada y observada en su modo de trabajo.

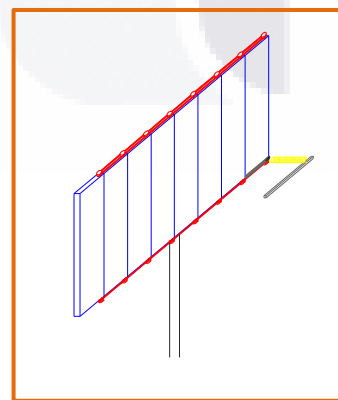
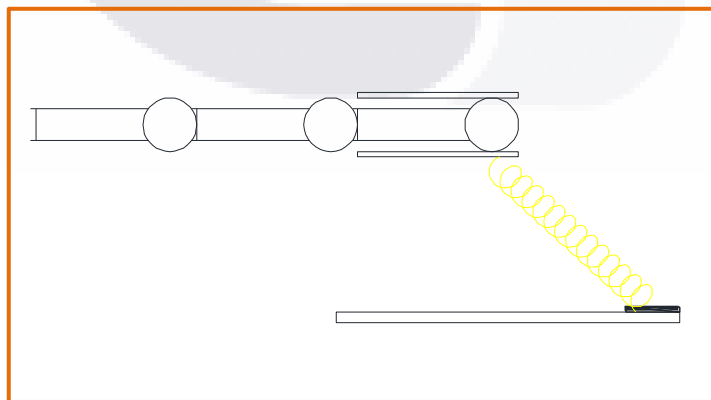


Imagen 26, fotografía de a propuesta montada para superar los 10 m de altura. Fuente propia.

Se realizaron aún más propuestas a nivel de boceto las cuales no exhiben en el presente trabajo sobre todo bocetos sobre todo para un panel dinámico que además de permeable cambie de cara y regrese a su posición original con la acción del viento, como el modelo número tres del presente estudio.

c) Propuesta tres:

Esta propuesta o idea fue desechada casi al finalizar el presente trabajo, no se logró concebir ni idealizar el mecanismo de apertura giro y cierre de las secciones, debido a que este modelo corresponde a un modelo dinámico; es denominado así porque la acción del viento haría girar las secciones 180° y con esto se obtendría un cambio de publicidad posteriormente al llegar otra ráfaga giraría nuevamente 180° y regresaría a la posición anterior, este cambio de caras es la que lo denominaría dinámica; sin embargo este sistema involucraba el uso de resortes y rieles para garantizar el giro completo de los 180° cuando llevara al menos girado 90°, por lo que suponía cierta complejidad desde el momento de plantear el mecanismo hasta en un momento dado su desarrollo.



Imágenes 27 y 28, izq. Vista x,z de la tercer propuesta dinámica, der. isométrico de tercer propuesta. Fuente propia.

#### I.IV NOMENCLATURA

La siguiente nomenclatura obedece al método de análisis empleado por las Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal del año 2004, y son las variables que se emplean en el presente, en el análisis paso a paso de un anuncio espectacular, así como también son las variables de captura empleadas en el software Viento V10 de CFE.

A: Área tributaria

a: altura de la zona de flujo laminar

B: factor por turbulencia de fondo

b: ancho mínimo de área expuesta

$C_{DE}$ : coeficiente de arrastre efectivo

$C_e$ : Factor correctivo por exposición según la altura

$C_p$ : Coeficiente de presión adimensional

$C_T$ : factor de empuje transversal

$C_z$ : factor correctivo por altura

E: Módulo de elasticidad

F: Relación de energía en ráfaga

$F_\alpha$ : Factor de variación de la velocidad del viento con la altura

FL: fuerza estática equivalente por unidad de longitud

$F_{TR}$ : Factor correctivo por topografía y rugosidad

G: Factor de amplificación dinámica

g: Factor de respuesta máxima

$G_{AT}$ : Factor de corrección debido a la altimetría y a la temperatura

H: altura de la estructura

$h_e$ : dimensión vertical de un letrero aislado

I: Momento de inercia

n: parámetro para el cálculo de  $C_e$

$n_0$ : Frecuencia del modo fundamental de la estructura

$p_z$ : Presión de flujo del viento

R: Factor de rugosidad

S: Factor reductor por tamaño

$V_{cr}$ : velocidad crítica del viento

$V_D$ : Velocidad de diseño

$V_H$ : Velocidad Regional

$V_R$ : Velocidad regional del viento para el sitio de interés

$X_0$ : inverso de la longitud de onda

z: altura de un punto desde el suelo

$\alpha$ : exponente que determina la forma de la variación de la velocidad del viento con la altura

$\beta$ : Fracción del amortiguamiento crítico

$\delta$ : altura gradiente

$\theta_1$ : ángulo de incidencia entre la dirección del viento y un plano vertical

v: Tasa media de fluctuación

$\Phi$ : relación de solidez. Relación entre el área efectiva sobre la que actúa el viento y el área el viento y el área inscrita por la periferia de la superficie expuesta

Algunas de las anteriores expresiones en el análisis aquí desarrollado no son empleadas sin embargo estas variables son las más comúnmente empleadas en el diseño por viento.

## II. DISEÑO Y ANÁLISIS DE MODELOS

### II.I ANÁLISIS DE ANUNCIO ESPECTACULAR COMÚN

Para conocer si las fuerzas transmitidas por el viento a un panel permeable se vieron disminuidas a partir de esta nueva condición es necesario primero el análisis de un anuncio espectacular impermeable de las mismas características de sitio, dimensiones y formas para tener un punto de comparación.

Este análisis se realiza paso a paso, describiendo que elementos son necesarios para llegar al resultado final o más importante que en este caso es la presión de diseño, señalando las tablas, gráficas y/o condiciones que proponen las Normas Técnicas Complementarias del D.F. del año 2004 para el análisis de una estructura semejante. También se realiza el análisis empleando el software denominado Sistema Vienta V.10 de la CFE, el cual solicita los mismos datos de la ubicación de la estructura, características de clasificación de las mismas, dimensiones geométricas, el periodo fundamental de la estructura, la fracción de amortiguamiento, entre otros; para comparar los resultados obtenidos de este con los resultado obtenidos del análisis paso a paso.

#### II.I.I ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO PASO A PASO

Anuncio Espectacular de un pedestal y panel, ubicado en zona urbana del estado Aguascalientes aunque no completamente saturada de casas habitación, el anuncio tiene dimensiones de 12 metros de largo por 6 metros de alto, y la base del anuncio se encuentra a 10 ml del nivel de piso, la estructura de soporte consiste en un poste de acero de sección redonda, diámetro no definido, entre otras características.

La clasificación de este tipo de estructuras según el Código Municipal de Aguascalientes vigente a Julio de 2013 es del tipo B, con un grado de seguridad moderado; y según su respuesta ante la acción del viento dado que pudiera ser sensible a las ráfagas de corta duración y cuyos periodos naturales largos favorecerían la ocurrencia de oscilaciones importantes, se clasifica como Tipo 2.

El anuncio se ubica en una zona urbana rodeado por construcciones de mediana altura, debido a ello el grado de rugosidad será R3, la topografía suponiendo el lugar plano es T3, ambas características son obtenidas de las Normas Técnicas Complementarias del D.F. del año 2004.

Para las estructuras clasificadas en el grupo B y en relación a la velocidad regional se considera como velocidad regional 130 km/h, la obtención de la velocidad de diseño sobre el anuncio se emplea la expresión:

$$V_D = F_{TR} F_{\alpha} V_R$$

En relación a lo ya expuesto el factor por topografía y rugosidad se obtiene el Factor Correctivo F<sub>TR</sub>, el cual relación a ambos valores, de esta relación se obtiene que el F<sub>TR</sub> sea de 0.88, ahora para la obtención del factor F<sub>α</sub> el cual es el factor que toma en cuenta la variación del viento con el incremento de la altura (z = altura), consultando las NTCDF-04 se obtiene que:

$$F_{\alpha} = (z/10)^{\alpha}$$

Para el presente caso donde el poste mide 10 metros, este factor es constante desde 0 a 10 metros, el panel del anuncio varia de 10 a 16 metros, con lo anterior la presión dinámica de base del viento sobre el panel del espectacular es:

$$F_{\alpha} = (16/10)^{0.156} = 1.076$$

Y para el poste (aunque no se emplea tan considerablemente como el del panel del nuncio:

$$F_{\alpha} = (10/10)^{0.156} = 1.00$$

**Tabla 3.2 Rugosidad del terreno, α y δ**

Tipos de terreno (fig. 3.1)	α	δ, m
R1 Escasas o nulas obstrucciones al flujo de viento, como en campo abierto	0.099	245
R2 Terreno plano u ondulado con pocas obstrucciones	0.128	315
R3 Zona típica urbana y suburbana. El sitio está rodeado predominantemente por construcciones de mediana y baja altura o por áreas arboladas y no se cumplen las condiciones del Tipo R4	0.156	390
R4 Zona de gran densidad de edificios altos. Por lo menos la mitad de las	0.170	455

**Tabla 3.3 Factor F<sub>TR</sub> (Factor de topografía y rugosidad del terreno)**

Tipos de topografía (fig. 3.2)	Rugosidad de terrenos en alrededores		
	Terreno tipo R2	Terreno tipo R3	Terreno tipo R4
T1 Base protegida de promontorios y faldas de serranías del lado de sotavento	0.80	0.70	0.66
T2 Valles cerrados	0.90	0.79	0.74
T3 Terreno prácticamente plano, campo abierto, ausencia de cambios topográficos importantes, con pendientes menores de 5 % (normal)	1.00	0.88	0.82
T4 Terrenos inclinados con pendientes entre 5 y 10 %	1.10	0.97	0.90

Imágenes 29 y 30, Tablas para la obtención del factor α, rugosidad y topografía del terreno. Fuente NTCDF-04

Por lo tanto se obtiene una velocidad de diseño para ambas partes del anuncio espectacular, para el poste y para el panel:

$$V_{D10} = F_{TR} \times F_{\alpha} \times V_R = 0.88 \times 1.0 \times 130 = 114.40 \text{ km/hr}$$

$$V_{D16} = F_{TR} \times F_{\alpha} \times V_R = 0.88 \times 1.076 \times 130 = 123.09 \text{ km/hr}$$

Para determinar la presión de diseño p<sub>z</sub> que ejerce el flujo o la acción del viento sobre el anuncio espectacular, se emplea la siguiente expresión:

$$p_z = 0.0048 G_{AT} V_D^2 C_p$$

Donde:

$G_{AT}$  = Factor de corrección por altitud y temperatura

$C_p$  = Coeficiente local de presión, que depende de la forma de la estructura

El factor de corrección  $G_{AT}$  por altitud y temperatura se calcula con la siguiente expresión:

$$G_{AT} = \frac{0.392 * \Omega}{273 + T}$$

Donde:

$\Omega$  = Presión barométrica del lugar en mm de Hg

$T$  = Temperatura media anual del lugar en °C

Para el estado de Aguascalientes según el Portal del Gobierno la temperatura media anual es de 17.4° C, y la altitud según el Manual de Diseño por Viento de CFE es de 1908 msnm, de esto se tiene que para una altitud de 1500 y 2000 msnm la presión barométrica es de 635 y 600 mm de Hg respectivamente, el valor de la altitud para Aguascalientes cae entre ambos valores, interpolando se obtiene que para 1908 msnm la presión barométrica es de 606.44 mm de Hg; por lo tanto para la obtención del  $G_{AT}$ :

$$G_{AT} = \frac{0.392 * 606.44}{273 + T}$$

$$G_{AT} = 0.392 * 606.44 / (273 + 17.4) = 0.8186$$

Calculando la presión dinámica en términos del coeficiente local de presión, se obtiene:

$$p_{z10} = 0.0048 * G_{AT} * V_D^2 * C_p = 0.0048 * 0.8186 * 114.40^2 = 51.42 C_p$$

$$p_{z16} = 0.0048 * G_{AT} * V_D^2 * C_p = 0.0048 * 0.8186 * 123.09^2 = 59.53 C_p$$

La estructura anteriormente se definió como del Tipo 2, por esta causa además de realizar un análisis estático, deben de ser considerados los efectos dinámicos causados por la turbulencia, por esto se calcula el factor de amplificación dinámica  $G$  como lo marcan las NTCDF-04, donde:

$$G = 0.43 + g \sqrt{\frac{R}{C_e} + \left[ B + \frac{SF}{\beta} \right]} \geq 1$$

Pero antes de determinar el factor de amplificación dinámica es necesario conocer previamente la frecuencia del modo fundamental de la estructura  $n_0$ , para estructuras semejantes un valor aproximado de  $n_0$  se obtiene con la expresión:

$$n_0 = \left[ \frac{1.72}{2\pi} \right] \sqrt{\frac{EI}{0.236mL^4 + ML^3}}$$

Partiendo de ciertas características de la estructura como lo son: el pedestal se supone un tubo de acero A-36 de 50.8 cm de diámetro exterior con un espesor de 15.09 mm el cual por cada metro de longitud tiene un peso de 183.43 kg, también se supone el peso del tablero o espacio para publicidad en 2,200 kg; cabe hacer mención que la expresión de  $n_0$  es adecuada únicamente para modelos de estructuras semejantes al anuncio espectacular planteado.

Donde:

$$L = 10 \text{ m, } 1000 \text{ cm}$$

$$E = 2.1 \cdot 10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$I = 71,032 \text{ cm}^4$$

$$m = 183.43 \text{ kg/m, } 1.83 \text{ kg/cm}/981 = 1.86 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}$$

$$M = 2,200 / 981 = 2.24 \text{ kg/cm}$$

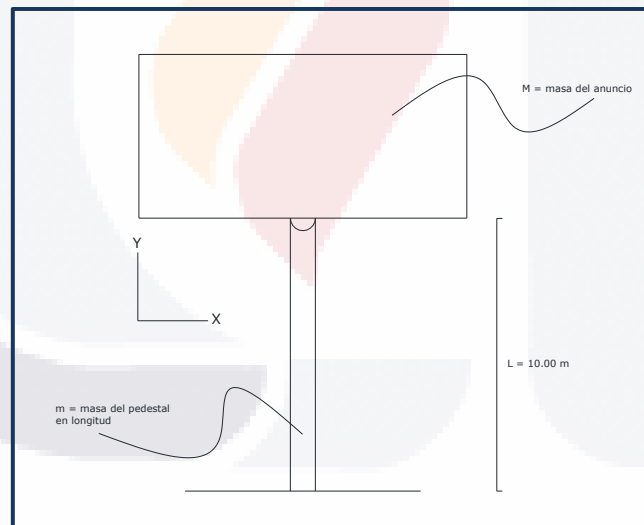


Imagen 31, Esquema de anuncio espectacular. Fuente propia

Por lo tanto:

$$n_0 = \left[ \frac{1.72}{2\pi} \right] \sqrt{\frac{(2100000 \cdot 93913)}{(0.236 \cdot 0.00186 \cdot 1000^4) + (2.24 \cdot 1000^3)}}$$

$$n_0 = 2.36 \text{ Hz}$$

La acción del viento en el panel

H = 16 m, altura total del anuncio

b = 0.508 m, diámetro del soporte

$$n_0 = 2.36 \text{ Hz}$$

$\beta = 0.01$ , fracción del amortiguamiento crítico por ser estructura de acero

$V_R = 130 \text{ km/h}$ , 36.11 m/seg, velocidad regional

De la tabla 3.2 de las NTCDF-04 la rugosidad del terreno es de 0.156 obtenida, con este valor se conoce la magnitud de a y n de la tabla 5.1:

Exposición	R	a	n
R1	0.04	10	0.18
R2	0.08	10	0.28
R3	0.16	20	0.50
R4	0.34	33	0.72

Imagen 32, Tabla para la obtención del factor a y n en base a la rugosidad. Fuente NTCDF-04

Los valores obtenidos son:

a = 20 m, altura de la zona del flujo laminar

n = 0.50, parámetro para el cálculo del factor correctivo por exposición  $C_e$

El factor correctivo por exposición  $C_e$  para una altura z = 16 m, es obtenido:

$$C_e = (z/a)^n = (16/20)^{0.50} = 0.894$$

La  $V_H$  o velocidad de diseño a la altura H, se obtiene con la siguiente expresión:

$$V_H = V_R \sqrt{RC_e} = 36.11 \sqrt{0.156 * 0.984} = 13.48 \text{ m/seg}$$

Para la obtención del factor de excitación de fondo B, es necesario entrar a la gráfica 5.1 de las NTCDF-04 para con la altura H= 16 m y la relación b/H, donde b es el ancho mínimo de área expuesta a la acción del viento, es decir el ancho del pedestal 0.508 m, empleando la gráfica se obtiene un valor de B = 1.45.



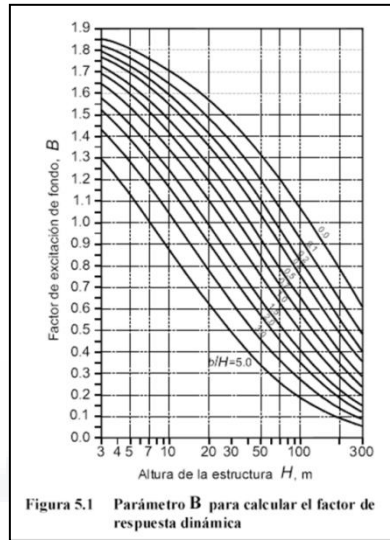


Imagen 33, Gráfica para la obtención del factor de respuesta dinámica. Fuente NTCDF-04

Ahora se obtiene un valor reductivo por tamaño denotado como S y se obtiene con la expresión:

$$S = \left[ \frac{\pi}{3} \right] \left[ \frac{1}{1 + \frac{8n_0H}{3VH}} \right] \left[ \frac{1}{1 + \frac{10n_0b}{VH}} \right]$$

$$S = \left[ \frac{\pi}{3} \right] \left[ \frac{1}{1 + \frac{8 \cdot 2.36 \cdot 16}{3 \cdot 13.48}} \right] \left[ \frac{1}{1 + \frac{10 + 2.36 \cdot 0.508}{13.48}} \right]$$

$$S = 0.065$$

El inverso de la longitud de onda, la cual es denominada como X<sub>0</sub> se obtiene con la expresión:

$$X_0 = \frac{(1220 \cdot n_0)}{VH}$$

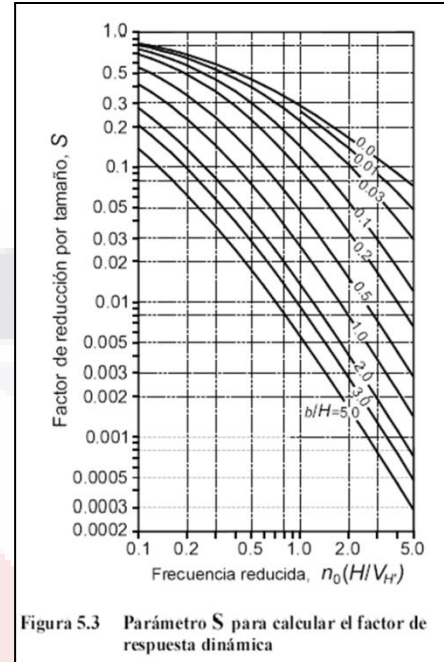
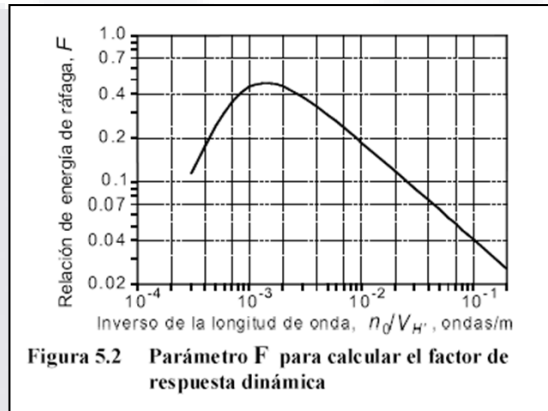
$$X_0 = \frac{(1220 \cdot 2.36)}{13.48} = 213.76$$

La relación de energía en ráfaga denominada F se obtiene con la expresión:

$$F = \frac{X_0^2}{(1 + X_0^2)^{4/3}}$$

$$F = \frac{213.76^2}{(1 + 213.76^2)^{4/3}} = 0.0279$$

Para calcular la tasa media de fluctuación  $v$  se emplean los parámetros  $B$ ,  $S$  y  $F$ , de los cuales el  $B$  había sido ya calculado obteniendo un valor de 1.45, para los dos restantes se emplean las gráficas 5.2 y 5.3 de las NTCDF-04 respectivamente.



Imágenes 34 y 35, Tablas para la obtención de los factores de respuesta dinámica  $F$  y  $S$ . Fuente NTCDF-04

De lo anterior aunque son presentadas las gráficas para la obtención de los factores  $F$  y  $S$  estos ya habían sido calculados, para el único que se empleó la gráfica fue para obtener el valor de  $B$ . La tasa media de fluctuación se obtiene con la expresión:

$$v = n_0 \sqrt{SF / (SF + \beta B)}$$

$$v = \sqrt{(0.065 * 0.027) / ((0.065 * 0.027) + (0.01 * 1.45))}$$

$$v = 0.7908$$

Ahora es necesario conocer el factor de respuesta máxima y aunque también existe una gráfica la 5.4 de las NTCDF-04, se empleara la expresión:

$$g = \left[ \sqrt{2Ln(3600v)} + \frac{0.58}{\sqrt{2Ln(3600v)}} \right] \frac{1}{2.3} \geq 1.48$$

$$g = \left[ \sqrt{2Ln(3600 * 0.7908)} + \frac{0.58}{\sqrt{2Ln(3600 * 0.7908)}} \right] \frac{1}{2.3} \geq 1.48$$

$$g = 1.843$$

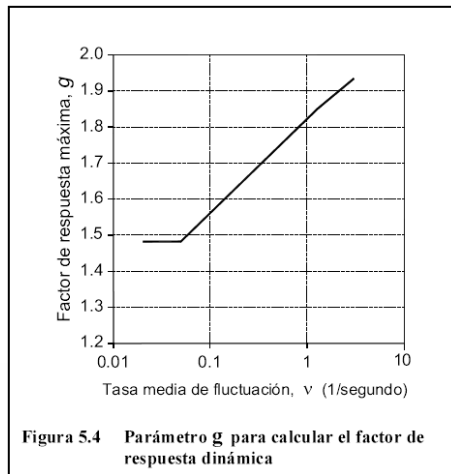


Imagen 36, Gráfica para la obtención del factor de respuesta dinámica g. Fuente NTCDF-04

Finalmente calculando el factor de amplificación dinámica con la expresión:

$$G = 0.43 + g \sqrt{\frac{R}{Ce} + \left[ B + \frac{SF}{\beta} \right]} \geq 1.0$$

$$G = 0.43 + g \sqrt{\frac{R}{Ce} + \left[ B + \frac{SF}{\beta} \right]} \geq 1.0$$

$$1.413 \geq 1.0$$

La presión de diseño quedó en términos del coeficiente local de presión, ahora para calcular este es necesario entrar a la tabla 3.6 de las NTCDE-04, con el valor de la relación  $h_e/H$ , donde  $h_e$  es la dimensión de altura del panel del anuncio espectacular y H es la altura total del anuncio, el valor de  $h_e/H = 6/16 = 0.375$ , consultando la tabla:

Tabla 3.6 Viento normal al anuncio o muro		
Coeficiente de presión neta ( $C_p$ )		
Anuncios		Muros
$0 < h_e/H < 0.2$	$0.2 \leq h_e/H \leq 0.7$	
$1.2 + 0.02 (d/h_e - 5)$	1.5	1.2

Imagen 37, Tabla para la obtención del coeficiente de presión local. Fuente NTCDF-04

De la tabla se obtiene que el valor del  $C_p = 1.5$ , ahora se obtienen las presiones de diseño

$$p_{z16} = 59.53 * C_p * G = 59.53 * 1.5 * 1.413 = 126.26 \text{ kg/m}^2$$

La fuerza de diseño sobre el panel es:

$$F_z = A * p_z$$

$$F_z = 72 \text{ m}^2 * 126.26 \text{ kg/m}^2 = \mathbf{9,090.72 \text{ kg}}$$

Ahora el análisis continúa con las fuerzas que recibe el pedestal o soporte del anuncio espectacular o panel, y según las NTCDF-04, este tipo de estructuras estará sujeto a la forma de la sección transversal la cual es circular con superficie lisa y de la relación de esbeltez (la relación de esbeltez se define como la relación de la altura al lado menor de la estructura); además de los efectos estáticos deberán de tomarse en cuenta los efectos dinámicos, y se emplea la tabla 3.9 para la obtención de los factores de arrastre.

Tabla 3.9 Coeficientes de arrastre para chimeneas y silos			
Forma de la sección transversal	Relación de esbeltez <sup>1</sup>		
	1	7	25
Cuadrada:			
Viento normal	1.3	1.4	2.0
Ángulo de incidencia 45°	0.9	1.2	1.6
Hexagonal u octagonal	1.0	1.2	1.4
Circular (superficie rugosa)	0.7	0.8	0.9
Circular (superficie lisa)	0.5	0.6	0.7

Imagen 38, Tabla para la obtención del coeficiente de arrastre. Fuente NTCDF-04

La relación de esbeltez =  $10/0.508 = 19.68$ , realizando interpolación lineal en función a la tabla anterior tenemos que  $\frac{(19.68-12)}{(25-7)} = \frac{X}{0.1} = 0.0705$

$$C_p = 0.6 + 0.0705 = 0.6705$$

Considerando los efectos dinámicos ya calculados se tiene que:

$$p_{z10} = 1.413 * 0.6705 * 51.42 = 48.71 \text{ kg/m}^2$$

y la fuerza de diseño:

$$F_z = 0.508 * 48.71 = 24.74 \text{ Kg/m}$$

Para los fines que al presente análisis convienen con el resultado anterior se da por finalizado este proceso paso a paso o descriptivo, en el cual se han obtenido dos valores de presión y fuerza de diseño, uno que actúa sobre el panel el cual es el más importante y el otro que actúa sobre el pedestal o soporte, que aunque es de menor tamaño respecto del primero, también impacta. Es importante hacer notar que dicho análisis se realiza únicamente para la acción que el viento ejerce de manera normal al anuncio espectacular, en ningún caso fueron considerados las acciones del viento paralelo al anuncio ni a 45°, tampoco se consideran el efecto de desprendimiento de vórtices alternantes sobre el cuerpo cilíndrico (soporte y/o pedestal) que pudieran generar vibraciones transversales a la dirección del flujo del viento.

### II.I.II ANÁLISIS EMPLEANDO SOFTWARE

El software solicita información relacionada con el sitio de la ubicación del inmueble, así como la velocidad regional entre otras cosas, periodo de vibración, amortiguamiento entre otros datos. Las siguientes imágenes son de manera global los resultados arrojados y la manera en que son capturados los datos.

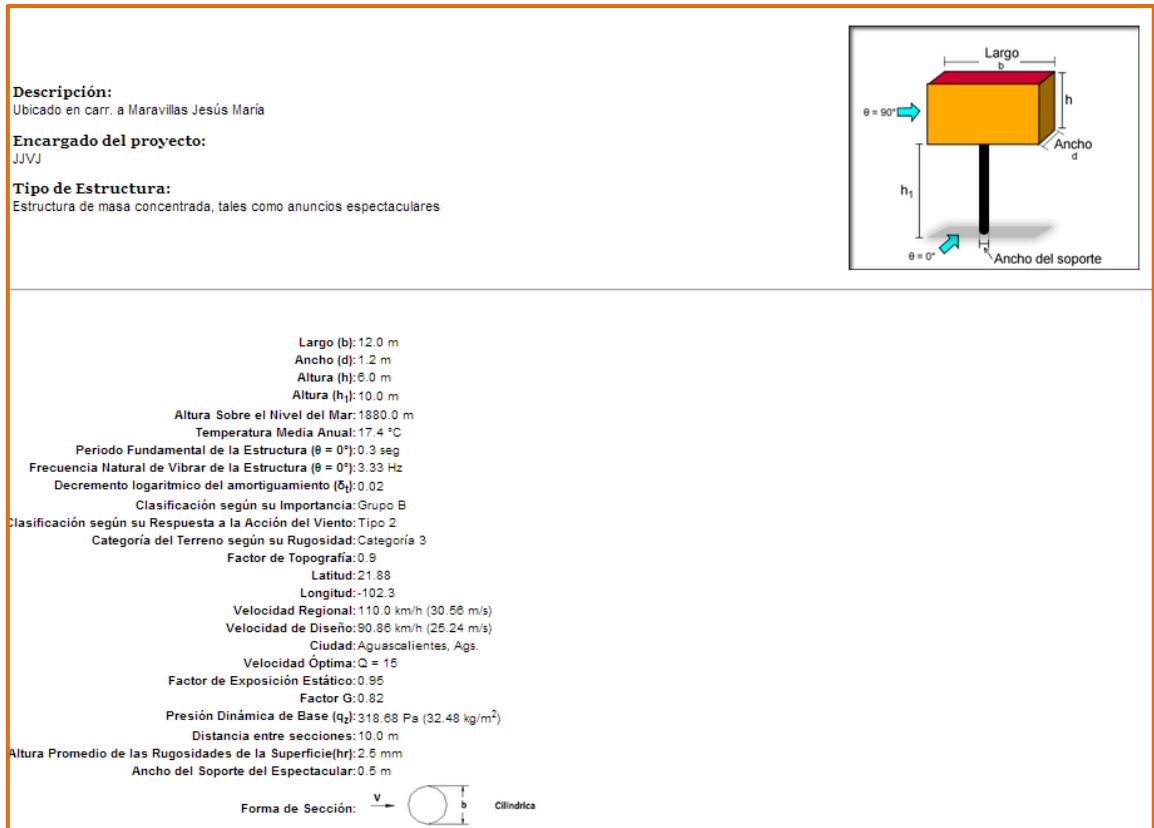


Imagen 39, datos de anuncio espectacular modelo común. Fuente CFE Viento V.10

**FUERZAS SOBRE EL LETRERO**

**Viento Normal al Plano ( $\theta = 0^\circ$ )**

$$F_e = C_{Pn} K_P q_H A_{exp} F_{AD} = 1.43 (1.0) (318.68) (72.0) (1.0) = 32758.52 \text{ N}$$

**Viento a  $45^\circ$**

El punto de aplicación de la fuerza se localizará a una excentricidad definida como se muestra en la figura 4.3.15 del manual.

Excentricidad (e) = 2.4

$$F_e = C_{Pn} K_P q_H A_{exp} F_{AD} = 1.43 (1.0) (318.68) (72.0) (1.0) = 32758.52 \text{ N}$$

**Viento Paralelo al Plano ( $\theta = 90^\circ$ )**

$$C_{Pn} = \pm 1.2 \quad (0.0 - 12.0 \text{ m})$$

$$F_e = \pm 1.2 (1.0) (318.68) (72.0) (0.0) = \pm 27533.59 \text{ N} \quad (0.0 - 12.0 \text{ m})$$

Imagen 40, resultados de análisis. Fuente CFE Viento V.10

Los valores obtenidos entre el análisis paso a paso o descriptivo son semejantes a los resultados arrojados por el programa Viento V.10 de CFE, lo anterior fue solo una comprobación.

II.I.III RESULTADOS

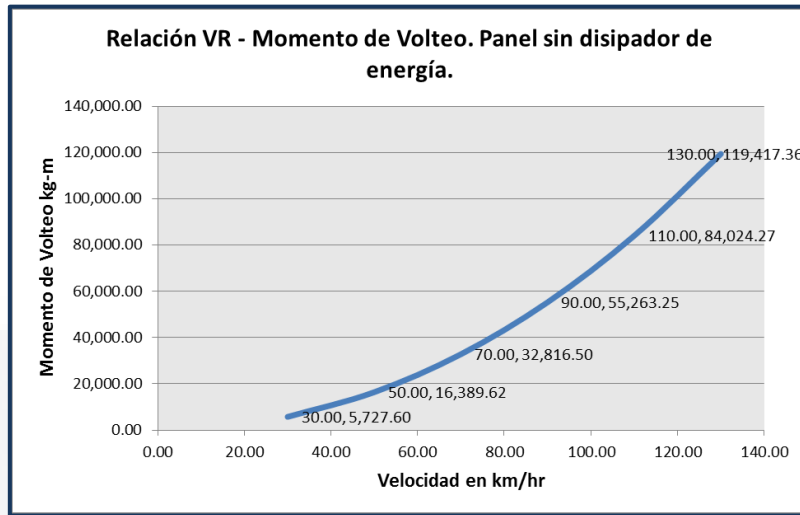
Para conocer las diferentes presiones de diseño así como la fuerza de diseño a diferentes velocidades la tabla siguiente lo ejemplifica. La velocidad regional funciona como pivote, para conocer a diferentes velocidades del viento que momento de volteo le genera a la estructura aunque se grafica con la velocidad de diseño.

*Tabla relación Velocidad y Momento de Volteo*

Velocidad Regional (km/hr)	Velocidad de Diseño (km/hr)	Factor de amplificación dinámica G	Presión de Diseño pz del anuncio(kg/m2)	Fuerza de Diseño del anuncio (kg)	Momento provocado por el anuncio(kg-m)	Presión de Diseño pz del anuncio(kg/m2)	Fuerza de Diseño del poste (kg/m)	Momento provocado por el poste (kg-m)	Momento de Volteo (kg-m)
30.00	28.40	1.273	6.056	436.03	5,668.42	2.33	1.18	59.18	5,727.60
50.00	47.34	1.311	17.329	1,247.69	16,219.94	6.68	3.39	169.67	16,389.62
70.00	66.28	1.339	34.697	2,498.18	32,476.39	13.39	6.80	340.11	32,816.50
90.00	85.22	1.364	58.430	4,206.96	54,690.48	22.55	11.46	572.77	55,263.25
110.00	104.16	1.389	88.839	6,396.41	83,153.30	34.29	17.42	870.97	84,024.27
130.00	123.10	1.413	126.260	9,090.72	118,179.36	48.74	24.76	1,238.00	119,417.36

Tabla 1, Presiones y fuerzas de diseño y momentos de volteo. Fuente propia.

De manera gráfica se interpreta lo siguiente:



Gráfica 1, Relación  $V_R$  y Momento de Volteo. Fuente propia.

La gráfica anterior (No. 1) presenta un comportamiento esperado, prácticamente lineal, conforme asciende la velocidad regional el momento de volteo asciende de la misma manera, el momento de provocado por la acción del viento en el poste es poco significativa en relación al momento de volteo a razón del 1%, claramente esta que lo que más importa es la acción del viento sobre el panel.

## II.II DELIMITACIONES Y SALVEDADEES SOBRE EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS MODELOS

Las siguientes salvedades y/o exclusiones son las aristas y los límites en los cuales se encuentra enmarcado y dirigido el presente trabajo:

- a) Es eminentemente un trabajo técnico sobre una estructura empleada para anuncios publicitarios, no son considerados recursos o elementos mercadotécnicos tampoco fue cuestionado al mercado o se investigó sobre deseabilidad del potencial anunciante de hacerlo en un anuncio no convencional permeable compuesto por elementos que tienen algún tipo movimiento. Para los tres modelos propuestos se parte de la suposición que cualquiera que sea el material sobre el cual se imprime o plasma la publicidad este podrá ser seccionado en las

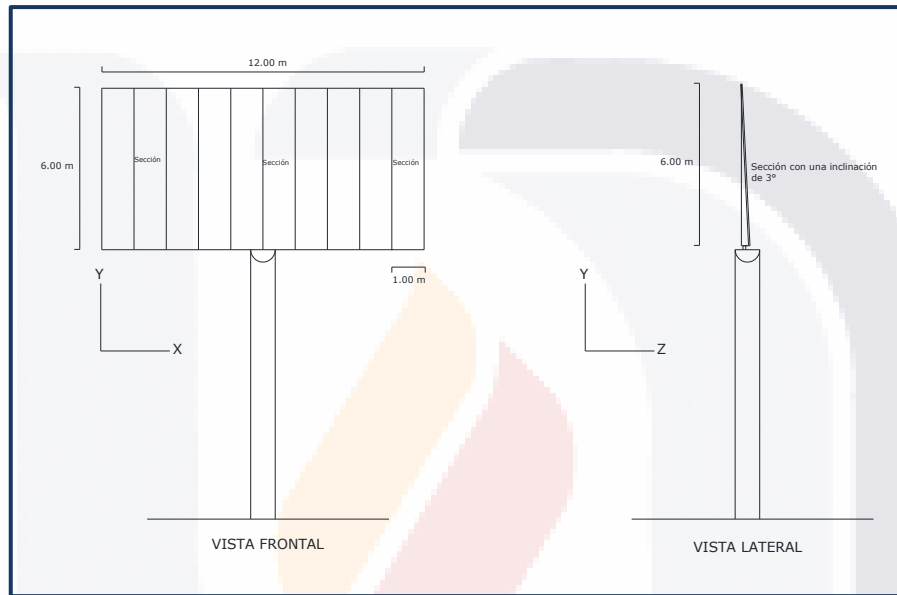
partes y dimensiones que requiera el modelo y podrá también ser adherido al panel sin que pierda forma, dimensionamiento y se observe un mismo elemento.

- b) Para los tres modelos propuestos así como para el ejemplo común descrito y analizado paso a paso se suponen las mismas características de rugosidad, topografía, altura de zona laminar y cualquier otra empleada en la obtención de la presión de diseño.
- c) Para fines de ejemplificación del presente solo realizó el análisis con el viento normal al anuncio, no se consideró paralelo ni a cuarenta y cinco grados de este, debido principalmente a la simplificación de fuerzas que tienen su acción sobre cada una de las secciones del panel. Además el Manual de Diseño por Viento de CFE para viento a  $45^\circ$  remite a la tabla 4.3.16(b) el cual es el mismo que para el viento a  $0^\circ$ , aunado a ello se considera que el factor de amplificación dinámica es el mismo que en el caso normal al plano del panel o espectacular, por ello los resultados serían iguales que en el caso del viento normal al plano del letrero. Sin embargo se tendría una excentricidad de la fuerza sobre el letrero, pero por fines de simplificación el modelo en el presente análisis no se considera.
- d) El grueso de las fórmulas y expresiones empleadas en el presente corresponden a las contenidas en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Viento del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal publicadas en la Gaceta Oficial el 6 de Octubre de 2004, y es bajo todos y cada uno de sus criterios que se realizan los análisis.
- e) El área del contacto o exposición a la acción del viento, aunque es mayor que solo la suma del área de cada sección debido a que estas se encuentran en marco rígido y fijo y este sobre un travesaño el cual se conecta al pedestal, no es considerada dicha área por motivos de simplificación del análisis.



### II.III DISEÑO DEL MODELO UNO

El primer modelo consiste en una división del panel en diez elementos verticales, diez secciones de 1.20 metros de ancho por 6.00 metros de altura, los cuales giraran en un solo sentido, y sobre su eje Y o vertical, el cual se encuentra se encuentra inclinado en 3 grados, es decir tendrán abatimiento hacia adentro del anuncio espectacular. Cada sección está formada por lámina de calibre medio, así como por un marco de perfiles metálicos el cual cuenta con refuerzos horizontales, y en la otra cara es adherida la publicidad.



**Imagen 41, seccionamiento del panel del modelo 1. Fuente propia.**

Cuando la acción del viento se hace presente y actúa sobre cada una de las secciones del panel, las abre en dirección del viento permitiendo el paso de este, la apertura de cada sección será en un plano elevado de 3° en relación al eje Z del panel; dicha inclinación genera una fuerza, la cual al momento de ser abierta la sección tendrá un regreso a su posición original por la acción de la fuerza de gravedad.

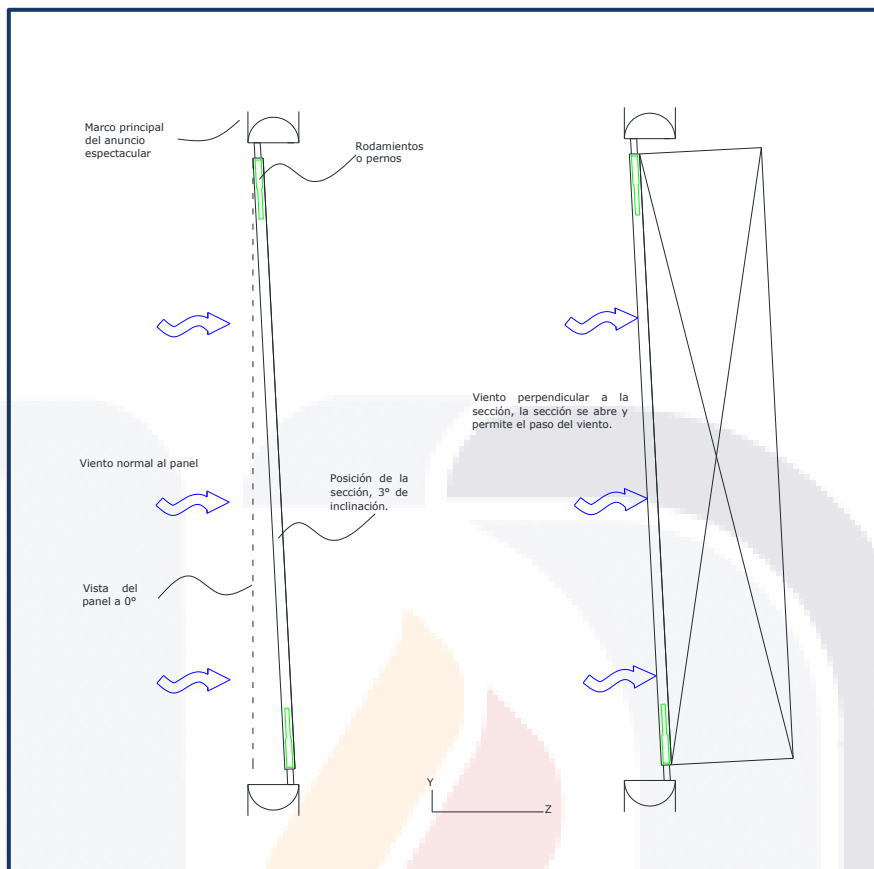


Imagen 42, funcionamiento del panel del modelo 1. Fuente propia.

Cada sección regresa a su posición original por la acción de la fuerza de gravedad provocada al anuncio por medio de la inclinación de 3°.

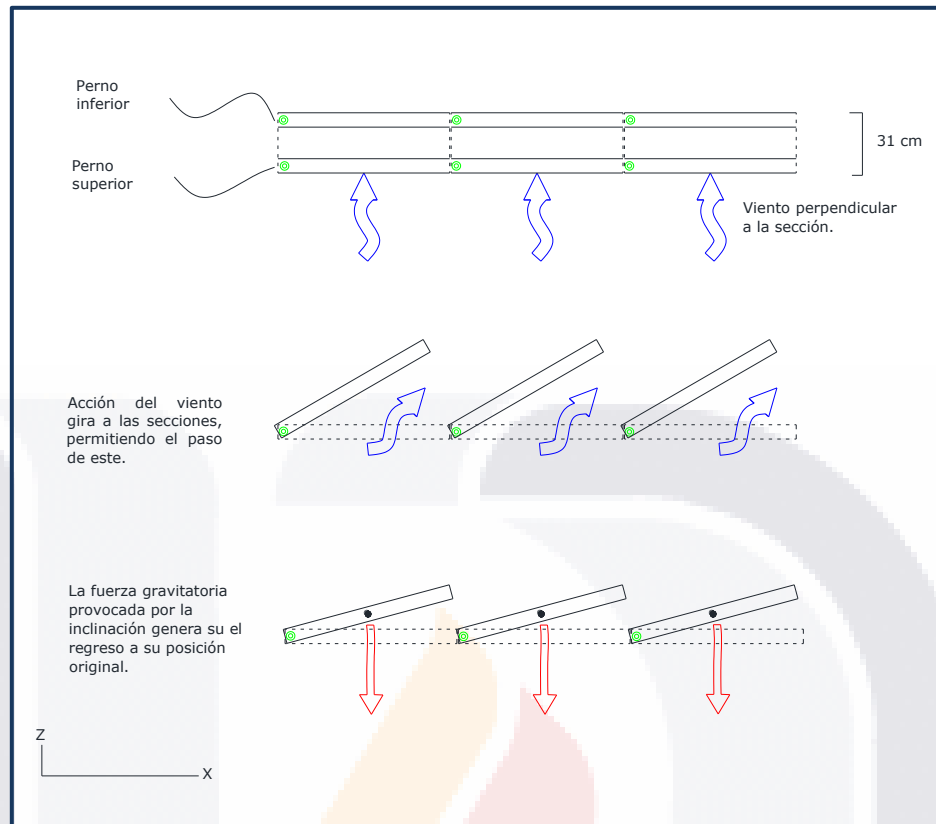


Imagen 43, funcionamiento de la sección bajo la acción del viento del modelo 1. Fuente propia.

Cada uno de los pernos cumpliendo con principios físicos para los cuales son creados así como de funcionalidad se suponen sin fricción, no restringirán el giro ni para la apertura de cada sección así como tampoco opondrán resistencia al cierre, en la parte superior e inferior del marco de cada sección, en el elemento horizontal es considerado un tope amortiguador de plástico para suavizar el golpe al momento de que la sección gire para cerrarse.

### II.III.I DESCRIPCIÓN Y PLANO DE CADA SECCIÓN. MODELO UNO

Cada sección mide 6.00 x 1.20 m, la cual está formada por un cuadrado de lámina negra rolada de calibre 18, es decir espesor de 1.22 mm, la cual tiene un peso de 9.52 kg/m<sup>2</sup>; el marco es formado en su lado largo por perfiles de 76 x 51 mm, en la parte superior e inferior como parte del mismo marco principal perfiles de 51 x 51 mm, como refuerzo la sección cuenta con siete barros traseros colocados a cada 0.75 m de perfiles de 38 x 38 mm, el marco se encuentra soldado con soldadura en sus perfiles y la lámina es unida a este por medio de remaches, el peso de lámina y perfiles es un total de 180.56 kg por sección, para fines de simplificar el análisis así como para incluir el peso de remaches, de soldadura y de la lámina adherida de la publicidad se considera

como de 182 kg cada sección. Cada sección en las dos esquinas superior e inferior tiene un perno acartelado con rodamientos en los extremos los cuales van unidos al perfil principal de la sección por la parte interior, el peso de este no es considerado porque van unidos en sus extremos a los largueros principales del anuncio espectacular. La realización de cada una de estas secciones principalmente por la colocación de los rodamientos sugiere un trabajo de taller detallado.

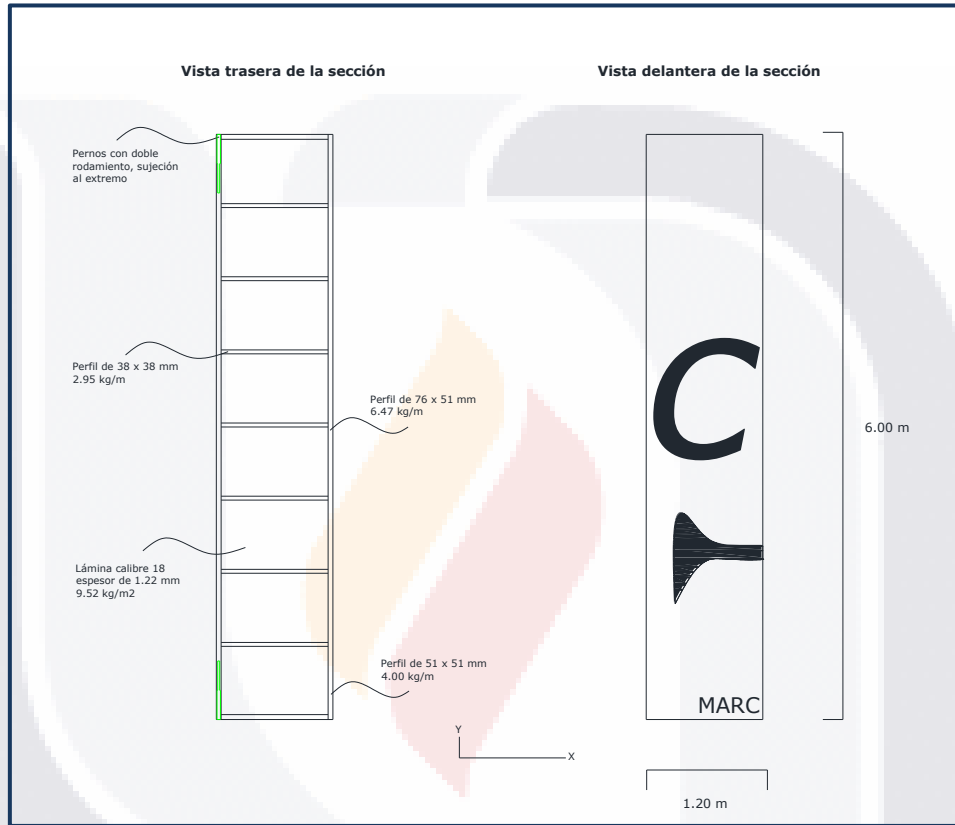


Imagen 44, descripción de la sección del modelo uno. Fuente propia.

## II.IV ANÁLISIS DEL MODELO UNO

### II.IV.I PLANTEAMIENTO. ANÁLISIS CON EL VIENTO NORMAL AL PANEL. MODELO UNO

Cada una de las secciones se encuentra inclinada 3°, en relación a su vertical, obviamente el desfase se encuentra en el inferior de la sección para provocar que exista una reacción o fuerza que al momento de que gire trabaje con la gravedad y esta tienda a cerrar o a colocar en su posición original a la sección, de este modo se logra que cuando existe viento que gire a la sección

esta se vuelva permeable, pasando la ráfaga, por la acción gravitatoria regresa a su posición original.

La acción del viento genera un empuje sobre la sección, la sección gira sobre su inclinado eje Y, el brazo de palanca se mantendrá constante ya que se considera al centro, y la fuerza necesaria por el viento para hacer girar la sección variará en función al ángulo de apertura; la fuerza hacia el centro de gravedad esté en función a la reacción que tiene la sección por el ángulo de inclinación y el brazo de palanca variará en el eje X en función al ángulo de giro de la sección. El giro en la sección generado por el viento se llama Momento Actuante y el giro generado por la descompuesta del peso en sentido del ángulo de inclinación se llama Momento Resistente; cuando para una velocidad del viento de diseño cualquiera que sea el valor del Momento Actuante se asemeja al valor del Momento Resistente, significa que para esa velocidad la sección gira un ángulo en función a la oposición del Momento Resistente.

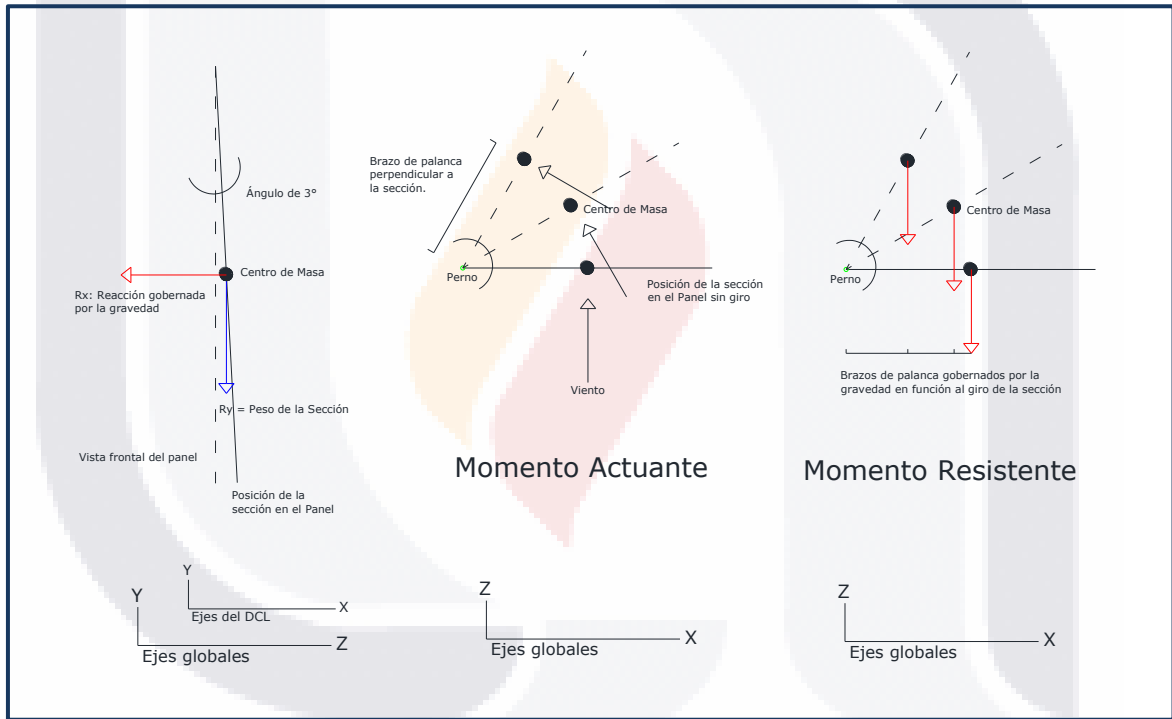


Imagen 45, diagrama de cuerpo libre del Momento Actuante y Momento Resistente del modelo uno. Fuente propia.

#### II.IV.II SOLUCIÓN DEL PLANTEAMIENTO. MODELO UNO

Para encontrar en que ángulo de equilibrio en el que gira la sección bajo cierta presión o fuerza del viento debido a la velocidad y a la reacción que tiene la sección por su posición hacia la dirección de la gravedad, se realizan tablas presentadas a continuación, una para cada velocidad de viento en incrementos de 20 km/hr, partiendo de 30 km/hr hasta llegar a 130 km/hr.

Velocidad Diseño=	<b>28.40</b>	km/hr
Velocidad Regional=	30.00	km/hr
Pz=	6.056	kg/m <sup>2</sup>
Reacción de la Sección=	9.52	kg
Área de la sección=	7.20	m <sup>2</sup>

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección			Diferencia de momentos
	Área sección (m2)	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Reacción de la sección gobernada por la gravedad (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	7.20	0.6	43.603	26.162	9.52	0.000	0.000	26.162
5	7.20	0.6	43.437	26.062	9.52	0.052	0.498	25.565
10	7.20	0.6	42.941	25.764	9.52	0.104	0.992	24.773
15	7.20	0.6	42.117	25.270	9.52	0.155	1.478	23.792
20	7.20	0.6	40.974	24.584	9.52	0.205	1.954	22.631
25	7.20	0.6	39.518	23.711	9.52	0.254	2.414	21.297
30	7.20	0.6	37.761	22.657	9.52	0.300	2.856	19.801
35	7.20	0.6	35.718	21.431	9.52	0.344	3.276	18.154
40	7.20	0.6	33.402	20.041	9.52	0.386	3.672	16.370
45	7.20	0.6	30.832	18.499	9.52	0.424	4.039	14.460
50	7.20	0.6	28.028	16.817	9.52	0.460	4.376	12.441
55	7.20	0.6	25.010	15.006	9.52	0.491	4.679	10.327
60	7.20	0.6	21.802	13.081	9.52	0.520	4.947	8.134
65	7.20	0.6	18.427	11.056	9.52	0.544	5.177	5.880
70	7.20	0.6	14.913	8.948	9.52	0.564	5.368	3.580
75	7.20	0.6	11.285	6.771	9.52	0.580	5.517	1.254
<b>80</b>	<b>7.20</b>	<b>0.6</b>	<b>7.571</b>	<b>4.543</b>	<b>9.52</b>	<b>0.591</b>	<b>5.625</b>	<b>1.082</b>
85	7.20	0.6	3.800	2.280	9.52	0.598	5.690	3.410
90	7.20	0.6	0.000	0.000	9.52	0.600	5.712	5.712

Tabla 2, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 30 km/h, modelo uno. Fuente propia.

Velocidad Diseño=	<b>47.34</b>	km/hr
Velocidad Regional=	50.00	km/hr
Pz=	17.329	kg/m <sup>2</sup>
Reacción de la Sección=	9.52	kg
Área de la sección=	7.20	m <sup>2</sup>

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección			Diferencia de momentos
	Área sección (m2)	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Reacción de la sección gobernada por la gravedad (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	7.20	0.60	124.769	74.861	9.52	0.000	0.000	74.861
5	7.20	0.60	124.294	74.576	9.52	0.052	0.498	74.079
10	7.20	0.60	122.873	73.724	9.52	0.104	0.992	72.732
15	7.20	0.60	120.517	72.310	9.52	0.155	1.478	70.832
20	7.20	0.60	117.244	70.347	9.52	0.205	1.954	68.393
25	7.20	0.60	113.079	67.847	9.52	0.254	2.414	65.433
30	7.20	0.60	108.053	64.832	9.52	0.300	2.856	61.976
35	7.20	0.60	102.205	61.323	9.52	0.344	3.276	58.046
40	7.20	0.60	95.578	57.347	9.52	0.386	3.672	53.675
45	7.20	0.60	88.225	52.935	9.52	0.424	4.039	48.896
50	7.20	0.60	80.200	48.120	9.52	0.460	4.376	43.744
55	7.20	0.60	71.564	42.939	9.52	0.491	4.679	38.260
60	7.20	0.60	62.384	37.430	9.52	0.520	4.947	32.484
65	7.20	0.60	52.729	31.638	9.52	0.544	5.177	26.461
70	7.20	0.60	42.673	25.604	9.52	0.564	5.368	20.236
75	7.20	0.60	32.292	19.375	9.52	0.580	5.517	13.858
80	7.20	0.60	21.665	12.999	9.52	0.591	5.625	7.374
<b>85</b>	<b>7.20</b>	<b>0.60</b>	<b>10.874</b>	<b>6.524</b>	<b>9.52</b>	<b>0.598</b>	<b>5.690</b>	<b>0.834</b>
90	7.20	0.60	0.000	0.000	9.52	0.600	5.712	5.712

Tabla 3, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 50 km/h, modelo uno. Fuente propia.

Velocidad Diseño=	<b>66.28</b>	km/hr
Velocidad Regional=	70.00	km/hr
Pz=	34.697	kg/m <sup>2</sup>
Reacción de la Sección=	9.52	kg
Área de la sección=	7.20	m <sup>2</sup>

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección			Diferencia de momentos
	Área sección (m2)	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Reacción de la sección gobernada por la gravedad (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	7.20	0.60	249.818	149.891	9.52	0.000	0.000	149.891
5	7.20	0.60	248.868	149.321	9.52	0.052	0.498	148.823
10	7.20	0.60	246.023	147.614	9.52	0.104	0.992	146.622
15	7.20	0.60	241.306	144.784	9.52	0.155	1.478	143.305
20	7.20	0.60	234.752	140.851	9.52	0.205	1.954	138.898
25	7.20	0.60	226.412	135.847	9.52	0.254	2.414	133.433
30	7.20	0.60	216.349	129.809	9.52	0.300	2.856	126.953
35	7.20	0.60	204.639	122.783	9.52	0.344	3.276	119.507
40	7.20	0.60	191.372	114.823	9.52	0.386	3.672	111.151
45	7.20	0.60	176.648	105.989	9.52	0.424	4.039	101.950
50	7.20	0.60	160.580	96.348	9.52	0.460	4.376	91.972
55	7.20	0.60	143.289	85.974	9.52	0.491	4.679	81.295
60	7.20	0.60	124.909	74.945	9.52	0.520	4.947	69.998
65	7.20	0.60	105.577	63.346	9.52	0.544	5.177	58.169
70	7.20	0.60	85.442	51.265	9.52	0.564	5.368	45.898
75	7.20	0.60	64.657	38.794	9.52	0.580	5.517	33.277
80	7.20	0.60	43.380	26.028	9.52	0.591	5.625	20.403
85	7.20	0.60	21.772	13.063	9.52	0.598	5.690	7.373
<b>90</b>	<b>7.20</b>	<b>0.60</b>	<b>-0.001</b>	<b>-0.001</b>	<b>9.52</b>	<b>0.600</b>	<b>5.712</b>	<b>5.713</b>

Tabla 4, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 70 km/h, modelo uno. Fuente propia.

Velocidad Diseño=	<b>85.22</b>	km/hr
Velocidad Regional=	90.00	km/hr
Pz=	58.430	kg/m <sup>2</sup>
Reacción de la Sección=	9.52	kg
Área de la sección=	7.20	m <sup>2</sup>

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección			Diferencia de momentos
	Área sección (m2)	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Reacción de la sección gobernada por la gravedad (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	7.20	0.60	420.696	252.418	9.52	0.000	0.000	252.418
5	7.20	0.60	419.095	251.457	9.52	0.052	0.498	250.959
10	7.20	0.60	414.305	248.583	9.52	0.104	0.992	247.591
15	7.20	0.60	406.361	243.817	9.52	0.155	1.478	242.338
20	7.20	0.60	395.325	237.195	9.52	0.205	1.954	235.241
25	7.20	0.60	381.280	228.768	9.52	0.254	2.414	226.354
30	7.20	0.60	364.333	218.600	9.52	0.300	2.856	215.744
35	7.20	0.60	344.614	206.768	9.52	0.344	3.276	203.492
40	7.20	0.60	322.271	193.363	9.52	0.386	3.672	189.691
45	7.20	0.60	297.476	178.486	9.52	0.424	4.039	174.447
50	7.20	0.60	270.418	162.251	9.52	0.460	4.376	157.875
55	7.20	0.60	241.301	144.780	9.52	0.491	4.679	140.101
60	7.20	0.60	210.347	126.208	9.52	0.520	4.947	121.262
65	7.20	0.60	177.793	106.676	9.52	0.544	5.177	101.499
70	7.20	0.60	143.885	86.331	9.52	0.564	5.368	80.964
75	7.20	0.60	108.883	65.330	9.52	0.580	5.517	59.812
80	7.20	0.60	73.052	43.831	9.52	0.591	5.625	38.206
85	7.20	0.60	36.665	21.999	9.52	0.598	5.690	16.309
<b>90</b>	<b>7.20</b>	<b>0.60</b>	<b>-0.002</b>	<b>-0.001</b>	<b>9.52</b>	<b>0.600</b>	<b>5.712</b>	<b>5.713</b>

Tabla 5, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 90 km/h, modelo uno. Fuente propia.

Velocidad Diseño=	<b>104.16</b>	km/hr
Velocidad Regional=	110.00	km/hr
Pz=	88.839	kg/m <sup>2</sup>
Reacción de la Sección=	9.52	kg
Área de la sección=	7.20	m <sup>2</sup>

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección			Diferencia de momentos
	Área sección (m <sup>2</sup> )	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Reacción de la sección gobernada por la gravedad (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	7.20	0.60	639.641	383.784	9.52	0.000	0.000	383.784
5	7.20	0.60	637.207	382.324	9.52	0.052	0.498	381.826
10	7.20	0.60	629.923	377.954	9.52	0.104	0.992	376.962
15	7.20	0.60	617.845	370.707	9.52	0.155	1.478	369.229
20	7.20	0.60	601.066	360.639	9.52	0.205	1.954	358.686
25	7.20	0.60	579.711	347.827	9.52	0.254	2.414	345.413
30	7.20	0.60	553.945	332.367	9.52	0.300	2.856	329.511
35	7.20	0.60	523.963	314.378	9.52	0.344	3.276	311.101
40	7.20	0.60	489.993	293.996	9.52	0.386	3.672	290.324
45	7.20	0.60	452.294	271.376	9.52	0.424	4.039	267.337
50	7.20	0.60	411.152	246.691	9.52	0.460	4.376	242.316
55	7.20	0.60	366.882	220.129	9.52	0.491	4.679	215.450
60	7.20	0.60	319.819	191.891	9.52	0.520	4.947	186.945
65	7.20	0.60	270.322	162.193	9.52	0.544	5.177	157.017
70	7.20	0.60	218.768	131.261	9.52	0.564	5.368	125.893
75	7.20	0.60	165.549	99.330	9.52	0.580	5.517	93.812
80	7.20	0.60	111.070	66.642	9.52	0.591	5.625	61.017
85	7.20	0.60	55.746	33.448	9.52	0.598	5.690	27.757
<b>90</b>	<b>7.20</b>	<b>0.60</b>	<b>-0.002</b>	<b>-0.001</b>	<b>9.52</b>	<b>0.600</b>	<b>5.712</b>	<b>5.713</b>

Tabla 6, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 110 km/h, modelo uno. Fuente propia.

Velocidad Diseño=	<b>123.10</b>	km/hr
Velocidad Regional=	130.00	km/hr
Pz=	126.260	kg/m <sup>2</sup>
Reacción de la Sección=	9.52	kg
Área de la sección=	7.20	m <sup>2</sup>

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección			Diferencia de momentos
	Área sección (m <sup>2</sup> )	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Reacción de la sección gobernada por la gravedad (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	7.20	0.60	909.072	545.443	9.52	0.000	0.000	545.443
5	7.20	0.60	905.613	543.368	9.52	0.052	0.498	542.870
10	7.20	0.60	895.261	537.157	9.52	0.104	0.992	536.165
15	7.20	0.60	878.096	526.858	9.52	0.155	1.478	525.379
20	7.20	0.60	854.248	512.549	9.52	0.205	1.954	510.595
25	7.20	0.60	823.899	494.339	9.52	0.254	2.414	491.925
30	7.20	0.60	787.279	472.367	9.52	0.300	2.856	469.511
35	7.20	0.60	744.667	446.800	9.52	0.344	3.276	443.524
40	7.20	0.60	696.389	417.833	9.52	0.386	3.672	414.162
45	7.20	0.60	642.810	385.686	9.52	0.424	4.039	381.647
50	7.20	0.60	584.339	350.603	9.52	0.460	4.376	346.228
55	7.20	0.60	521.421	312.852	9.52	0.491	4.679	308.173
60	7.20	0.60	454.534	272.720	9.52	0.520	4.947	267.774
65	7.20	0.60	384.188	230.513	9.52	0.544	5.177	225.336
70	7.20	0.60	310.918	186.551	9.52	0.564	5.368	181.184
75	7.20	0.60	235.282	141.169	9.52	0.580	5.517	135.652
80	7.20	0.60	157.856	94.713	9.52	0.591	5.625	89.088
85	7.20	0.60	79.228	47.537	9.52	0.598	5.690	41.846
<b>90</b>	<b>7.20</b>	<b>0.60</b>	<b>-0.003</b>	<b>-0.002</b>	<b>9.52</b>	<b>0.600</b>	<b>5.712</b>	<b>5.714</b>

Tabla 7, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 130 km/h, modelo uno. Fuente propia.



Debido a la poca inclinación del elemento de tan solo 3° en su eje Y, la cual es una inclinación adecuada, porque en la parte inferior solo se tiene una diferencia de plomada de 31 cm y se supone que con esta inclinación o movimiento de su eje no se distorsionará la imagen significativamente, lo ideal sería realizar pruebas, sin embargo no es motivo del presente, debido a ello y principalmente a que con una velocidad de diseño de tan solo 30 km/h se abrió la sección 75°, con 70 km/h 85°, y con 90 km/h ya se encontraba totalmente abierta, debido a ello se realiza otro nuevo cálculo ahora con un eje inclinado de 6°, es decir con un desplome de 63 cm, lo que origina que la componente en el eje x, se incremente de 9.52 kg a 19.12kg, de este ajuste se obtiene:

Velocidad Diseño=	<b>28.40</b>	km/hr
Velocidad Regional=	30.00	km/hr
Pz=	6.056	kg/m <sup>2</sup>
Reacción de la Sección=	19.12	kg
Área de la sección=	7.20	m <sup>2</sup>

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección			Diferencia de momentos
	Área sección (m <sup>2</sup> )	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Reacción de la sección gobernada por la gravedad (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento Resistente (kg-m)	
60	7.20	0.6	21.802	13.081	19.12	0.520	9.935	3.146
<b>65</b>	<b>7.20</b>	<b>0.6</b>	<b>18.427</b>	<b>11.056</b>	<b>19.12</b>	<b>0.544</b>	<b>10.397</b>	<b>0.659</b>
70	7.20	0.6	14.913	8.948	19.12	0.564	10.780	1.832
75	7.20	0.6	11.285	6.771	19.12	0.580	11.081	4.310
80	7.20	0.6	7.571	4.543	19.12	0.591	11.298	6.755
85	7.20	0.6	3.800	2.280	19.12	0.598	11.428	9.148
90	7.20	0.6	0.000	0.000	19.12	0.600	11.472	11.472

Velocidad Diseño=	<b>47.34</b>	km/hr						
Velocidad Regional=	50.00	km/hr						
75	7.20	0.60	32.292	19.375	19.12	0.580	11.081	8.294
<b>80</b>	<b>7.20</b>	<b>0.60</b>	<b>21.665</b>	<b>12.999</b>	<b>19.12</b>	<b>0.591</b>	<b>11.298</b>	<b>1.702</b>
85	7.20	0.60	10.874	6.524	19.12	0.598	11.428	4.904
90	7.20	0.60	0.000	0.000	19.12	0.600	11.472	11.472

Velocidad Diseño=	<b>66.28</b>	km/hr						
Velocidad Regional=	70.00	km/hr						
80	7.20	0.60	43.380	26.028	19.12	0.591	11.298	14.730
<b>85</b>	<b>7.20</b>	<b>0.60</b>	<b>21.772</b>	<b>13.063</b>	<b>19.12</b>	<b>0.598</b>	<b>11.428</b>	<b>1.635</b>
90	7.20	0.60	-0.001	-0.001	19.12	0.600	11.472	11.473

Velocidad Diseño=	<b>85.22</b>	km/hr						
Velocidad Regional=	90.00	km/hr						
80	7.20	0.60	73.052	43.831	19.12	0.591	11.298	32.533
<b>85</b>	<b>7.20</b>	<b>0.60</b>	<b>36.665</b>	<b>21.999</b>	<b>19.12</b>	<b>0.598</b>	<b>11.428</b>	<b>10.570</b>
90	7.20	0.60	-0.002	-0.001	19.12	0.600	11.472	11.473

Velocidad Diseño=	<b>104.16</b>	km/hr						
Velocidad Regional=	110.00	km/hr						
85	7.20	0.60	55.746	33.448	19.12	0.598	11.428	22.019
<b>90</b>	<b>7.20</b>	<b>0.60</b>	<b>-0.002</b>	<b>-0.001</b>	<b>19.12</b>	<b>0.600</b>	<b>11.472</b>	<b>11.473</b>

Velocidad Diseño=	<b>123.10</b>	km/hr						
Velocidad Regional=	130.00	km/hr						
85	7.20	0.60	79.228	47.537	19.12	0.598	11.428	36.108
<b>90</b>	<b>7.20</b>	<b>0.60</b>	<b>-0.003</b>	<b>-0.002</b>	<b>19.12</b>	<b>0.600</b>	<b>11.472</b>	<b>11.474</b>

Tabla 8, Momento Actuante y Momento Resistente para ángulo de 6°, modelo uno. Fuente propia.

Por razones de extensión del presente no se muestran la totalidad de las tablas, sin embargo existe una notoria diferencia en el ángulo de giro de la sección al incrementar el desplome, aunque con una velocidad de diseño de 90 km/h prácticamente ya se encuentra totalmente permeable el panel, es decir las secciones han girado casi por completo a 90°, debido a ello se realiza un incremento en el peso de cada una de las secciones, la forma, el armado y el tamaño de los perfiles empleados se conserva, lo que se incrementa es el espesor de estos así como el calibre de lámina empleada, todo el incremento en peso a razón de aprox. 78 kg para dar un total del peso de la sección de 260 kg, para realizar un nuevo análisis ahora con una reacción de 27.32 kg, conservando este último ángulo de rotación de 6°. Y se obtiene lo siguiente:

Velocidad Diseño=	<b>28.40</b>	km/hr
Velocidad Regional=	30.00	km/hr
Pz=	6.056	kg/m <sup>2</sup>
Reacción de la Sección=	27.32	kg
Área de la sección=	7.20	m <sup>2</sup>

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección			Diferencia de momentos
	Área sección (m <sup>2</sup> )	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Reacción de la sección gobernada por la gravedad (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento Resistente (kg-m)	
55	7.20	0.6	25.010	15.006	27.32	0.491	13.428	1.578
<b>60</b>	<b>7.20</b>	<b>0.6</b>	<b>21.802</b>	<b>13.081</b>	<b>27.32</b>	<b>0.520</b>	<b>14.196</b>	<b>1.115</b>
65	7.20	0.6	18.427	11.056	27.32	0.544	14.856	3.800
70	7.20	0.6	14.913	8.948	27.32	0.564	15.403	6.456
75	7.20	0.6	11.285	6.771	27.32	0.580	15.833	9.062
80	7.20	0.6	7.571	4.543	27.32	0.591	16.143	11.600
85	7.20	0.6	3.800	2.280	27.32	0.598	16.330	14.050
90	7.20	0.6	0.000	0.000	27.32	0.600	16.392	16.392

Velocidad Diseño=	<b>47.34</b>	km/hr						
Velocidad Regional=	50.00	km/hr						
75	7.20	0.60	32.292	19.375	27.32	0.580	15.833	3.542
<b>80</b>	<b>7.20</b>	<b>0.60</b>	<b>21.665</b>	<b>12.999</b>	<b>27.32</b>	<b>0.591</b>	<b>16.143</b>	<b>3.144</b>
85	7.20	0.60	10.874	6.524	27.32	0.598	16.330	9.805
90	7.20	0.60	0.000	0.000	27.32	0.600	16.392	16.392

Velocidad Diseño=	<b>66.28</b>	km/hr						
Velocidad Regional=	70.00	km/hr						
80	7.20	0.60	43.380	26.028	27.32	0.591	16.143	9.885
<b>85</b>	<b>7.20</b>	<b>0.60</b>	<b>21.772</b>	<b>13.063</b>	<b>27.32</b>	<b>0.598</b>	<b>16.330</b>	<b>3.266</b>
90	7.20	0.60	-0.001	-0.001	27.32	0.600	16.392	16.393

Velocidad Diseño=	<b>85.22</b>	km/hr						
Velocidad Regional=	90.00	km/hr						
80	7.20	0.60	73.052	43.831	27.32	0.591	16.143	27.688
<b>85</b>	<b>7.20</b>	<b>0.60</b>	<b>36.665</b>	<b>21.999</b>	<b>27.32</b>	<b>0.598</b>	<b>16.330</b>	<b>5.669</b>
90	7.20	0.60	-0.002	-0.001	27.32	0.600	16.392	16.393

Velocidad Diseño=	<b>104.16</b>	km/hr						
Velocidad Regional=	110.00	km/hr						
85	7.20	0.60	55.746	33.448	27.32	0.598	16.330	17.118
<b>90</b>	<b>7.20</b>	<b>0.60</b>	<b>-0.002</b>	<b>-0.001</b>	<b>27.32</b>	<b>0.600</b>	<b>16.392</b>	<b>16.393</b>

Velocidad Diseño=	<b>123.10</b>	km/hr						
Velocidad Regional=	130.00	km/hr						
85	7.20	0.60	79.228	47.537	27.32	0.598	16.330	31.207
<b>90</b>	<b>7.20</b>	<b>0.60</b>	<b>-0.003</b>	<b>-0.002</b>	<b>27.32</b>	<b>0.600</b>	<b>16.392</b>	<b>16.394</b>

Tabla 9, Momento Actuante y Momento Resistente aumentado el peso de la sección, modelo uno. Fuente propia.

Los resultados no son tan diferentes, de este cambio anticipadamente se puede inferir que el incremento en el peso de la sección no es una solución al problema planteado.

## II.V DISEÑO DEL MODELO DOS

El segundo modelo y/o diseño empleado consiste en un panel dividido en cuatro partes en el sentido largo de 3 metros cada una y 6 partes en el sentido corto de 1.00 metro cada una; cada una de estas secciones gira alrededor de su eje X, sujetado de pernos colocados en cada una de sus dos esquinas de la parte superior. Cada sección está formada por lámina de bajo calibre así como por rectángulo de perfiles de acero ligeros reforzado con elementos en el sentido corto tras la lámina a la cual se adhiere la publicidad.

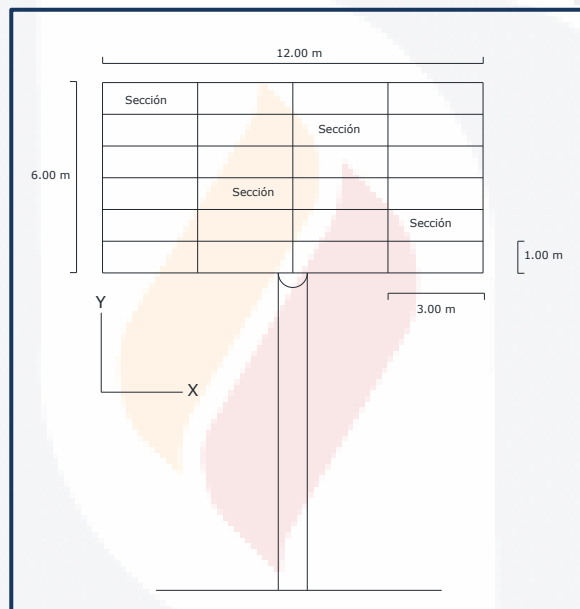


Imagen 46, seccionamiento del panel del modelo dos. Fuente propia.

Cuando la acción del viento se hace presente y actúa sobre la cara del panel esta se abre permitiendo el paso del viento y una vez que pasa este efecto la sección vuelve a su posición original con el ángulo igual a cero, y con la totalidad del área expuesta nuevamente a la acción del viento.

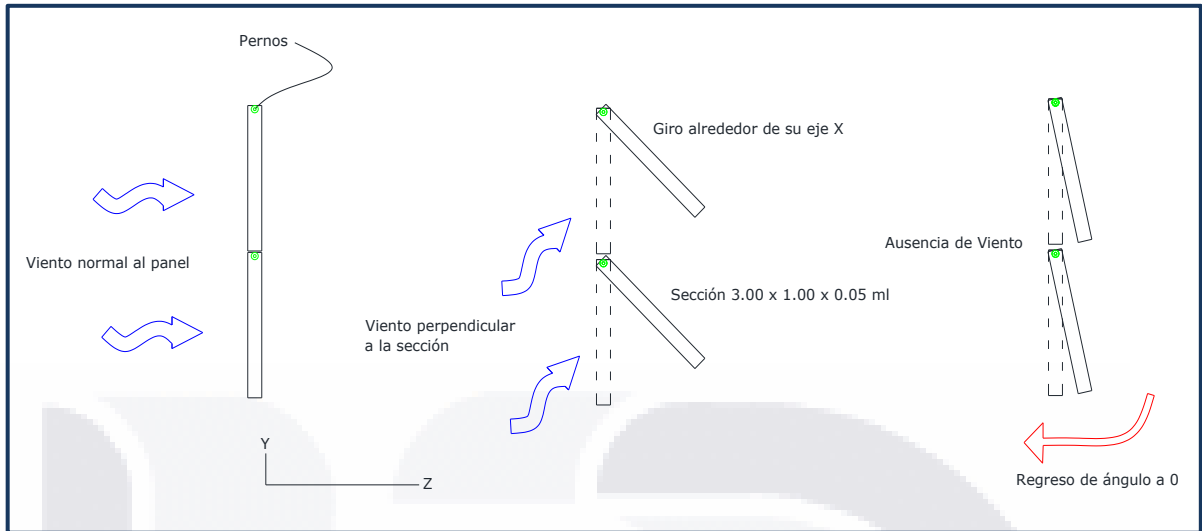


Imagen 47, funcionamiento de la sección bajo la acción del viento, modelo dos. Fuente propia.

#### II.V.I DESCRIPCIÓN Y PLANO DE CADA SECCIÓN. MODELO DOS

Cada sección mide 3.00 x 1.00 mts, la cual está formada por un cuadrado de lámina negra rolada de calibre 18, es decir espesor de 1.22 mm, la cual tiene un peso de 9.52 kg/m<sup>2</sup>; el marco es formado por perfiles estructurales rectangulares de 2" x 2" en espesor de 2.8 mm de 4.00 kg/m, como refuerzo la sección cuenta con tres barrotes traseros colocados a cada 0.75 ml de perfil estructural rectangular de 1" x 1" en calibre de 2.4 mm con peso de 1.62 kg/m, el marco se encuentra soldado en sus perfiles y la lámina es unida a este por medio de remaches, el peso de lámina y perfiles es un total de 65.42 kg por sección, para fines de simplificar el análisis se considera como de 66 kg cada sección, esta consideración toma como peso de remaches y soldadura. Cada sección en la sus dos esquinas superiores tiene un perno unido a dos rodamientos un rodamiento que se encuentra dentro de la sección y el otro que se encuentra en el perfil divisor o cuadrícula del panel.

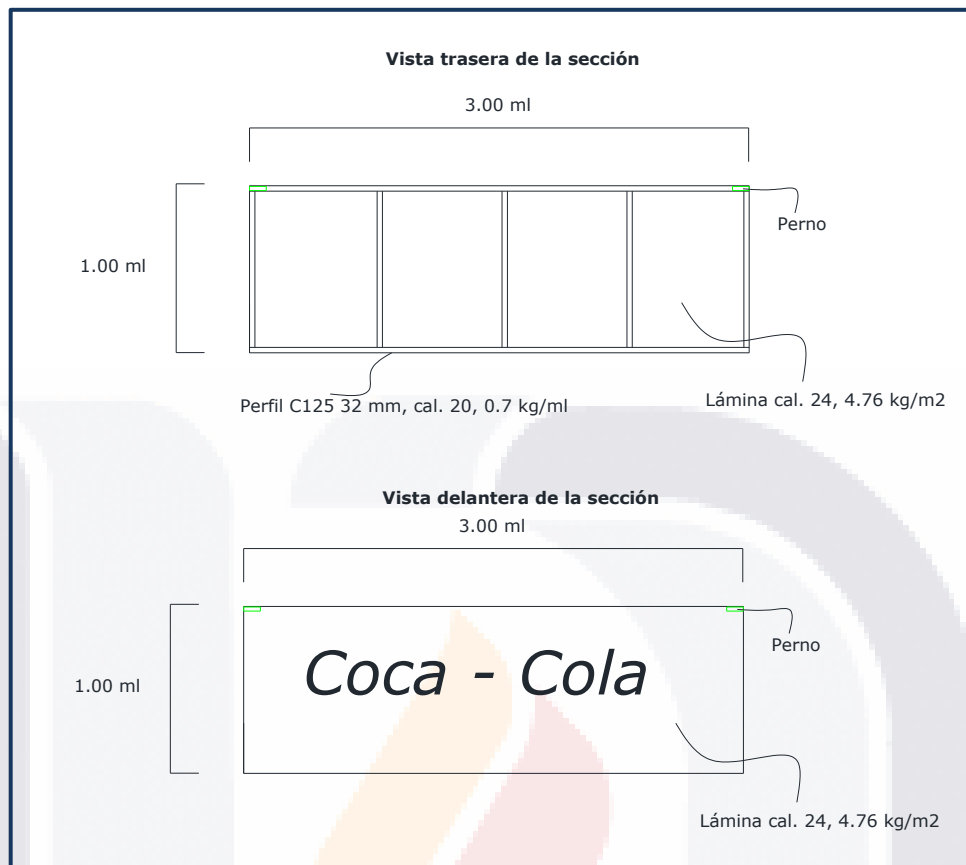


Imagen 48, descripción de la sección, modelo dos. Fuente propia.

II.VI ANÁLISIS DEL MODELO DOS

II.VI.I PLANTEAMIENTO. ANÁLISIS CON EL VIENTO NORMAL AL PANEL. MODELO DOS

Cada una de las 18 secciones es sometida a la acción del viento inicialmente o desde el punto en donde no hay viento a cero grados, en cuanto comienza a generarse la fuerza del viento sobre el área de la sección esta comienza a girar sobre su eje X, este giro provoca una descomposición de la fuerza generada por el viento ya que la fuerza se considera siempre actuando como perpendicular a la sección y en el centro de masas de la sección, lo que genera un Momento Actuante. Por el otro lado y en función al peso que tiene la sección, considerándola ahora como rígida, es decir como si estuviera girada a cualquier valor de ángulo, sin embargo rígida, por lo tanto como dicha sección tiene un peso, dicho peso en función al ángulo genera un Momento Resistente.

Cuando los momentos el Actuante y el Resistente son lo más semejantes posible significa que para esa presión generada por el viento y para ese peso de la sección girará x valor del ángulo.

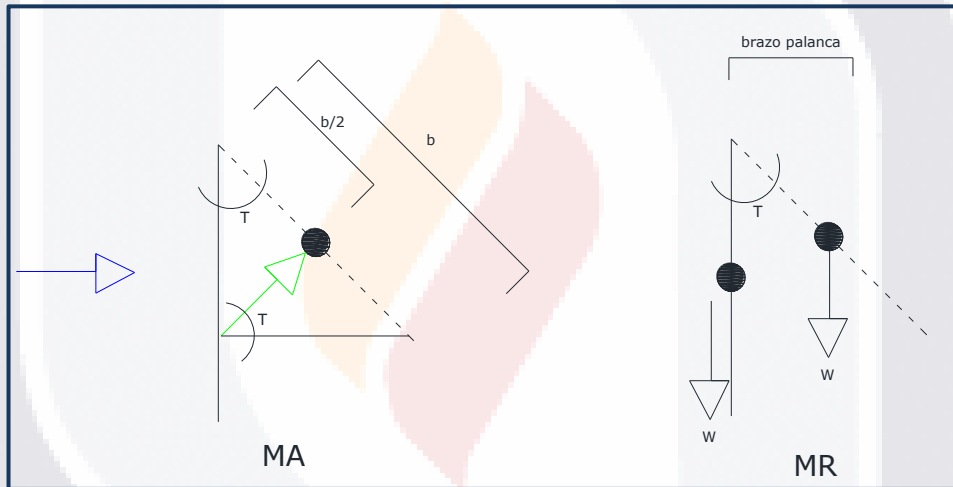


Imagen 49, diagrama de cuerpo libre del Momento Actuante y Momento Resistente, modelo dos. Fuente propia.

II.VI.II SOLUCIÓN DEL PLANTEAMIENTO. MODELO DOS

Para encontrar en que ángulo gira la sección bajo cierta presión de viento debida a la velocidad y al peso de la sección, se realizan tablas, una para cada velocidad de viento en incrementos de 20 km/hr, partiendo de 30 hasta llegar a 130.

Velocidad Diseño=	<b>28.40</b>	km/hr
Velocidad Regional=	30.00	km/hr
Pz=	6.056	kg/m <sup>2</sup>
Peso Sección=	66.00	kg

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección			Diferencia de momentos
	Área sección (m2)	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Peso de la Sección (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	3.00	0.5	18.168	9.084	66.00	0.000	0.000	9.084
5	3.00	0.5	18.099	9.049	66.00	0.044	2.876	6.173
10	3.00	0.5	17.892	8.946	66.00	0.087	5.730	3.216
<b>15</b>	<b>3.00</b>	<b>0.5</b>	<b>17.549</b>	<b>8.774</b>	<b>66.00</b>	<b>0.129</b>	<b>8.541</b>	<b>0.233</b>
20	3.00	0.5	17.072	8.536	66.00	0.171	11.287	2.751
25	3.00	0.5	16.466	8.233	66.00	0.211	13.946	5.714
30	3.00	0.5	15.734	7.867	66.00	0.250	16.500	8.633
35	3.00	0.5	14.882	7.441	66.00	0.287	18.928	11.487
40	3.00	0.5	13.917	6.959	66.00	0.321	21.212	14.253
45	3.00	0.5	12.847	6.423	66.00	0.354	23.335	16.911
50	3.00	0.5	11.678	5.839	66.00	0.383	25.280	19.440
55	3.00	0.5	10.421	5.210	66.00	0.410	27.032	21.822
60	3.00	0.5	9.084	4.542	66.00	0.433	28.579	24.037
65	3.00	0.5	7.678	3.839	66.00	0.453	29.908	26.069
70	3.00	0.5	6.214	3.107	66.00	0.470	31.010	27.903
75	3.00	0.5	4.702	2.351	66.00	0.483	31.876	29.524
80	3.00	0.5	3.155	1.577	66.00	0.492	32.499	30.921
85	3.00	0.5	1.583	0.792	66.00	0.498	32.874	32.083
90	3.00	0.5	0.000	0.000	66.00	0.500	33.000	33.000

Tabla 10, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 30 km/h, modelo dos. Fuente propia.

Velocidad Diseño=	<b>47.34</b>	km/hr
Velocidad Regional=	50.00	km/hr
Pz=	17.329	kg/m <sup>2</sup>
Peso Sección=	66.00	kg

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección			Diferencia de momentos
	Área sección (m2)	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Peso de la Sección (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	3.00	0.50	51.987	25.994	66.00	0.000	0.000	25.994
5	3.00	0.50	51.789	25.895	66.00	0.044	2.876	23.018
10	3.00	0.50	51.197	25.599	66.00	0.087	5.730	19.868
15	3.00	0.50	50.216	25.108	66.00	0.129	8.541	16.567
20	3.00	0.50	48.852	24.426	66.00	0.171	11.287	13.139
25	3.00	0.50	47.116	23.558	66.00	0.211	13.946	9.612
30	3.00	0.50	45.022	22.511	66.00	0.250	16.500	6.011
35	3.00	0.50	42.585	21.293	66.00	0.287	18.928	2.365
<b>40</b>	<b>3.00</b>	<b>0.50</b>	<b>39.824</b>	<b>19.912</b>	<b>66.00</b>	<b>0.321</b>	<b>21.212</b>	<b>1.300</b>
45	3.00	0.50	36.760	18.380	66.00	0.354	23.335	4.954
50	3.00	0.50	33.417	16.708	66.00	0.383	25.280	8.571
55	3.00	0.50	29.818	14.909	66.00	0.410	27.032	12.123
60	3.00	0.50	25.993	12.997	66.00	0.433	28.579	15.582
65	3.00	0.50	21.971	10.985	66.00	0.453	29.908	18.923
70	3.00	0.50	17.780	8.890	66.00	0.470	31.010	22.120
75	3.00	0.50	13.455	6.728	66.00	0.483	31.876	25.148
80	3.00	0.50	9.027	4.514	66.00	0.492	32.499	27.985
85	3.00	0.50	4.531	2.265	66.00	0.498	32.874	30.609
90	3.00	0.50	0.000	0.000	66.00	0.500	33.000	33.000

Tabla 11, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 50 km/h, modelo dos. Fuente propia.

Velocidad Diseño=	<b>66.28</b>	km/hr
Velocidad Regional=	70.00	km/hr
Pz=	34.697	kg/m <sup>2</sup>
Peso Sección=	66.00	kg

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección			Diferencia de momentos
	Área sección (m2)	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Peso de la Sección (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	3.00	0.50	104.091	52.046	66.00	0.000	0.000	52.046
5	3.00	0.50	103.695	51.847	66.00	0.044	2.876	48.971
10	3.00	0.50	102.510	51.255	66.00	0.087	5.730	45.524
15	3.00	0.50	100.544	50.272	66.00	0.129	8.541	41.731
20	3.00	0.50	97.814	48.907	66.00	0.171	11.287	37.620
25	3.00	0.50	94.338	47.169	66.00	0.211	13.946	33.223
30	3.00	0.50	90.145	45.073	66.00	0.250	16.500	28.573
35	3.00	0.50	85.266	42.633	66.00	0.287	18.928	23.705
40	3.00	0.50	79.738	39.869	66.00	0.321	21.212	18.657
45	3.00	0.50	73.603	36.802	66.00	0.354	23.335	13.467
50	3.00	0.50	66.908	33.454	66.00	0.383	25.280	8.175
55	3.00	0.50	59.704	29.852	66.00	0.410	27.032	2.820
<b>60</b>	<b>3.00</b>	<b>0.50</b>	<b>52.045</b>	<b>26.023</b>	<b>66.00</b>	<b>0.433</b>	<b>28.579</b>	<b>2.556</b>
65	3.00	0.50	43.991	21.995	66.00	0.453	29.908	7.913
70	3.00	0.50	35.601	17.800	66.00	0.470	31.010	13.209
75	3.00	0.50	26.940	13.470	66.00	0.483	31.876	18.405
80	3.00	0.50	18.075	9.037	66.00	0.492	32.499	23.461
85	3.00	0.50	9.072	4.536	66.00	0.498	32.874	28.339
90	3.00	0.50	0.000	0.000	66.00	0.500	33.000	33.000

Tabla 12, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 70 km/h, modelo dos. Fuente propia.

Velocidad Diseño=	<b>85.22</b>	km/hr
Velocidad Regional=	90.00	km/hr
Pz=	58.430	kg/m <sup>2</sup>
Peso Sección=	66.00	kg

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección			Diferencia de momentos
	Área sección (m2)	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Peso de la Sección (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	3.00	0.50	175.290	87.645	66.00	0.000	0.000	87.645
5	3.00	0.50	174.623	87.311	66.00	0.044	2.876	84.435
10	3.00	0.50	172.627	86.313	66.00	0.087	5.730	80.583
15	3.00	0.50	169.317	84.659	66.00	0.129	8.541	76.118
20	3.00	0.50	164.719	82.359	66.00	0.171	11.287	71.073
25	3.00	0.50	158.867	79.433	66.00	0.211	13.946	65.487
30	3.00	0.50	151.805	75.903	66.00	0.250	16.500	59.403
35	3.00	0.50	143.589	71.795	66.00	0.287	18.928	52.866
40	3.00	0.50	134.280	67.140	66.00	0.321	21.212	45.928
45	3.00	0.50	123.949	61.974	66.00	0.354	23.335	38.640
50	3.00	0.50	112.674	56.337	66.00	0.383	25.280	31.057
55	3.00	0.50	100.542	50.271	66.00	0.410	27.032	23.239
60	3.00	0.50	87.645	43.822	66.00	0.433	28.579	15.243
65	3.00	0.50	74.080	37.040	66.00	0.453	29.908	7.132
<b>70</b>	<b>3.00</b>	<b>0.50</b>	<b>59.952</b>	<b>29.976</b>	<b>66.00</b>	<b>0.470</b>	<b>31.010</b>	<b>1.034</b>
75	3.00	0.50	45.368	22.684	66.00	0.483	31.876	9.192
80	3.00	0.50	30.438	15.219	66.00	0.492	32.499	17.280
85	3.00	0.50	15.277	7.638	66.00	0.498	32.874	25.236
90	3.00	0.50	-0.001	0.000	66.00	0.500	33.000	33.000

Tabla 13, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 90 km/h, modelo dos. Fuente propia.



Velocidad Diseño= <b>104.16</b> km/hr	
Velocidad Regional= 110.00 km/hr	
Pz= 88.84 kg/m <sup>2</sup>	
Peso Sección= 66.00 kg	

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección			Diferencia de momentos
	Área sección (m <sup>2</sup> )	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Peso de la Sección (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	3.00	0.50	266.520	133.260	66.00	0.000	0.000	133.260
5	3.00	0.50	265.506	132.753	66.00	0.044	2.876	129.877
10	3.00	0.50	262.471	131.235	66.00	0.087	5.730	125.505
15	3.00	0.50	257.439	128.719	66.00	0.129	8.541	120.178
20	3.00	0.50	250.447	125.223	66.00	0.171	11.287	113.937
25	3.00	0.50	241.549	120.775	66.00	0.211	13.946	106.828
30	3.00	0.50	230.813	115.406	66.00	0.250	16.500	98.906
35	3.00	0.50	218.320	109.160	66.00	0.287	18.928	90.232
40	3.00	0.50	204.166	102.083	66.00	0.321	21.212	80.871
45	3.00	0.50	188.458	94.229	66.00	0.354	23.335	70.894
50	3.00	0.50	171.315	85.658	66.00	0.383	25.280	60.378
55	3.00	0.50	152.869	76.435	66.00	0.410	27.032	49.402
60	3.00	0.50	133.259	66.630	66.00	0.433	28.579	38.051
65	3.00	0.50	112.636	56.318	66.00	0.453	29.908	26.410
70	3.00	0.50	91.154	45.577	66.00	0.470	31.010	14.567
<b>75</b>	<b>3.00</b>	<b>0.50</b>	<b>68.980</b>	<b>34.490</b>	<b>66.00</b>	<b>0.483</b>	<b>31.876</b>	<b>2.614</b>
80	3.00	0.50	46.280	23.140	66.00	0.492	32.499	9.359
85	3.00	0.50	23.228	11.614	66.00	0.498	32.874	21.261
90	3.00	0.50	-0.001	0.000	66.00	0.500	33.000	33.000

Tabla 14, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 110 km/h, modelo dos. Fuente propia.

Velocidad Diseño= <b>123.10</b> km/hr	
Velocidad Regional= 130.00 km/hr	
Pz= 126.26 kg/m <sup>2</sup>	
Peso Sección= 66.00 kg	

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección			Diferencia de momentos
	Área sección (m <sup>2</sup> )	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Peso de la Sección (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	3.00	0.50	378.780	189.390	66.00	0.000	0.000	189.390
5	3.00	0.50	377.339	188.669	66.00	0.044	2.876	185.793
10	3.00	0.50	373.025	186.513	66.00	0.087	5.730	180.782
15	3.00	0.50	365.873	182.937	66.00	0.129	8.541	174.396
20	3.00	0.50	355.937	177.968	66.00	0.171	11.287	166.682
25	3.00	0.50	343.291	171.646	66.00	0.211	13.946	157.699
30	3.00	0.50	328.033	164.016	66.00	0.250	16.500	147.516
35	3.00	0.50	310.278	155.139	66.00	0.287	18.928	136.211
40	3.00	0.50	290.162	145.081	66.00	0.321	21.212	123.869
45	3.00	0.50	267.837	133.919	66.00	0.354	23.335	110.584
50	3.00	0.50	243.474	121.737	66.00	0.383	25.280	96.458
55	3.00	0.50	217.259	108.629	66.00	0.410	27.032	81.597
60	3.00	0.50	189.389	94.695	66.00	0.433	28.579	66.116
65	3.00	0.50	160.078	80.039	66.00	0.453	29.908	50.131
70	3.00	0.50	129.549	64.775	66.00	0.470	31.010	33.765
75	3.00	0.50	98.034	49.017	66.00	0.483	31.876	17.142
<b>80</b>	<b>3.00</b>	<b>0.50</b>	<b>65.773</b>	<b>32.887</b>	<b>66.00</b>	<b>0.492</b>	<b>32.499</b>	<b>0.388</b>
85	3.00	0.50	33.012	16.506	66.00	0.498	32.874	16.369
90	3.00	0.50	-0.001	-0.001	66.00	0.500	33.000	33.001

Tabla 15, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 130 km/h, modelo dos. Fuente propia.

## II.VII DISEÑO DEL MODELO TRES

### II.VII.I DESCRIPCIÓN Y PLANO DE CADA SECCIÓN. MODELO TRES

Este modelo se le da el adjetivo de dinámico debido a que la acción del viento además de volverlo permeable hace que cambie de cara, mostrará la cara trasera del letrero o panel lo cual lo vuelve un mecanismo dinámico, obviamente ambas caras para la publicidad. Este modelo tres consiste en una división del panel en ocho secciones las cuales tienen su punto de giro en un extremo, esto para permitir el giro hacia un lado y su regreso o giro hacia el otro. Cada una de estas secciones tienen rodamientos en la parte superior e inferior que no transmiten fricción ni impiden la rotación de la sección están sujetos a un eje giratorio el cual en los extremos tiene poleas conectadas por un sistema de bandas las cuales garantizarán que todas las secciones giren el mismo ángulo, estas secciones tienen un principio igual al del modelo número uno antes mencionado, cada sección uno tiene un ángulo de inclinación de  $2^\circ$  esto para garantizar el regreso al momento de que la acción del viento la haga girar o abrirse, además las secciones tienen un contrapeso en el lado extremo del eje giratorio para acentuar el efecto del ángulo de inclinación y así garantizar su regreso a su posición original o garantizar el giro de  $180^\circ$ , cualquiera que suceda de ambos proporcionará una cara de publicidad sólida, y el cambio de cara con las ráfagas o acción del viento es lo que hace que se le dé el adjetivo de panel permeable dinámico.

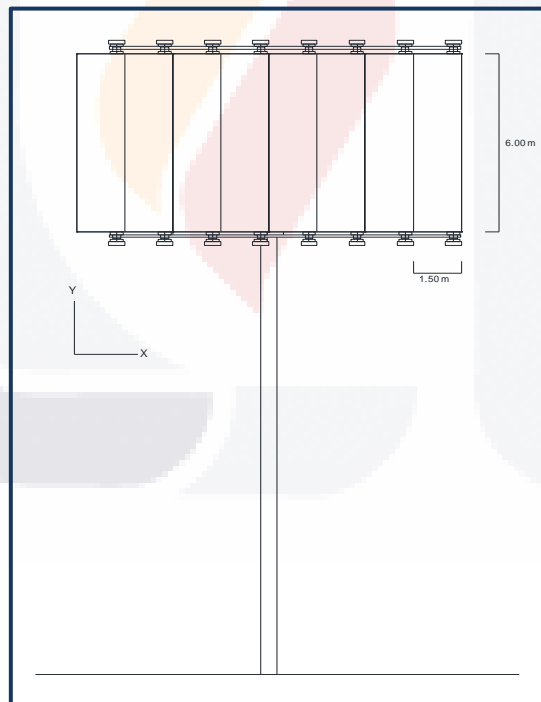
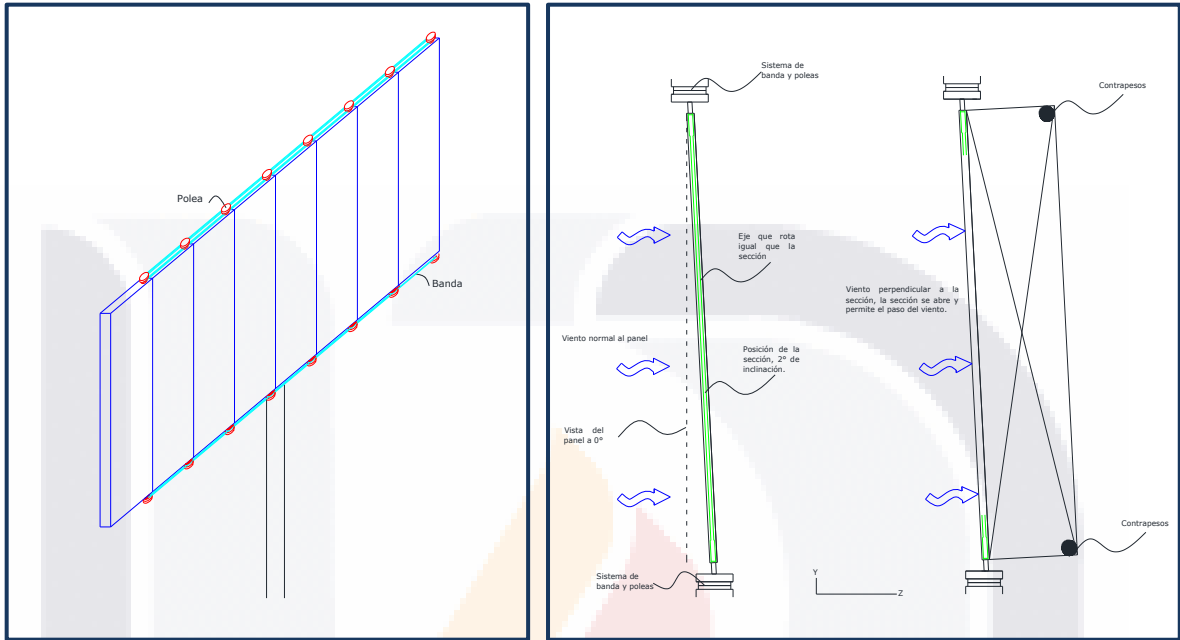


Imagen 50, Seccionamiento del panel del modelo tres. Fuente propia.

El sistema de poleas además de garantizar que todas las secciones se abrirán la misma magnitud también sirve como una especie de amortiguador al momento del cierre o regreso a su posición

debido a que entre banda y poleas si existe una fricción la cual es transmitida como una reducción al efecto bandera que tiene el viento sobre cada una de las secciones.



Imágenes 51 y 52, Seccionamiento del panel del modelo tres y funcionamiento de la sección. Fuente propia.

En la imagen anterior (No. 51) se observan ocho secciones verticales las cuales tiene en su parte superior e inferior un sistema de poleas y bandas. El funcionamiento del mismo puede ser entendido de mejor modo con la siguiente imagen (No. 52) la cual omite el sistema de banda y poleas para su mejor entendimiento. Con la acción del viento se comportará de la manera descrita en la siguiente imagen.

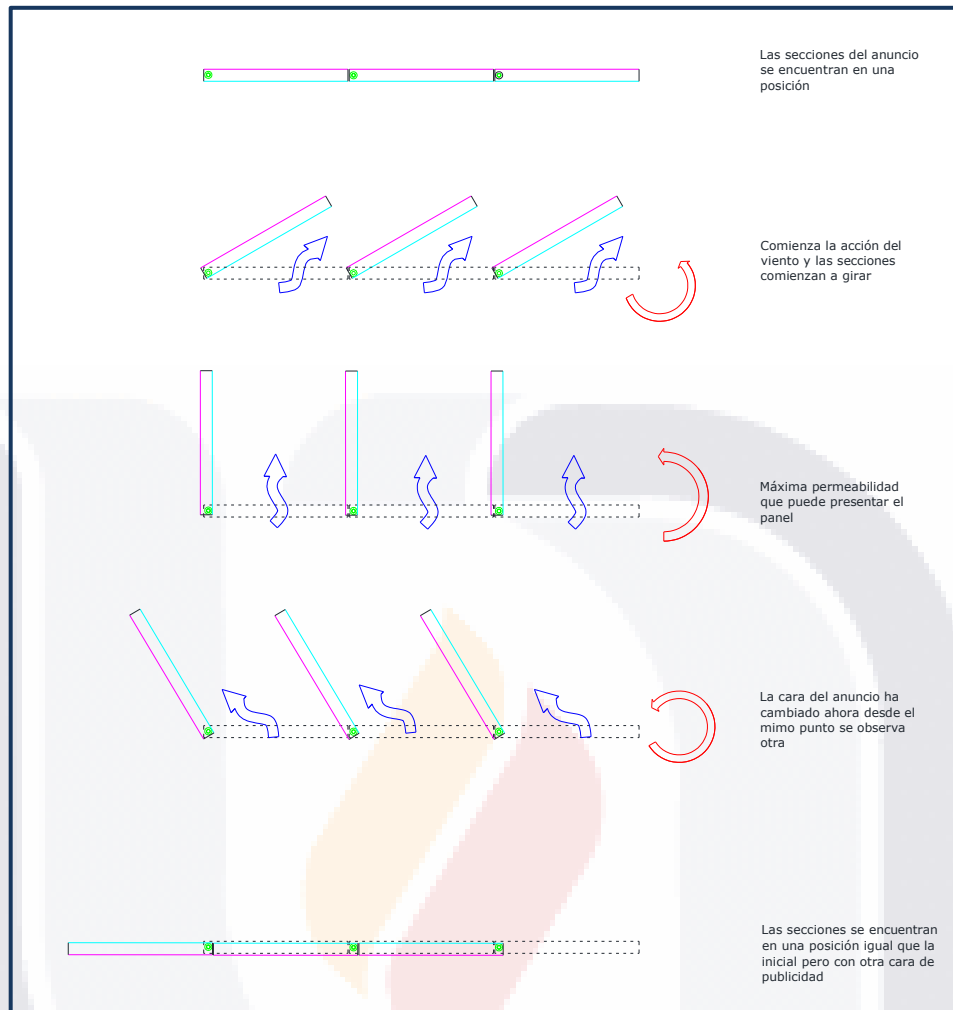


Imagen 53, Cambio de cara del panel. Fuente propia.

La sección en cuanto a su conformación y armado es semejante o igual al del modelo uno, la que pesa 182 kg, sin embargo esta debido a que es más grande además tiene doble lámina porque ambas caras son publicitadas y tiene también dos contrapesos en los extremos al eje del giro uno en la parte inferior y otro en la parte superior, el peso total de cada sección es de 333.18 kg, para fines de la simplificación del análisis se consideran 334 kg, tal y como se muestran en la siguiente imagen:

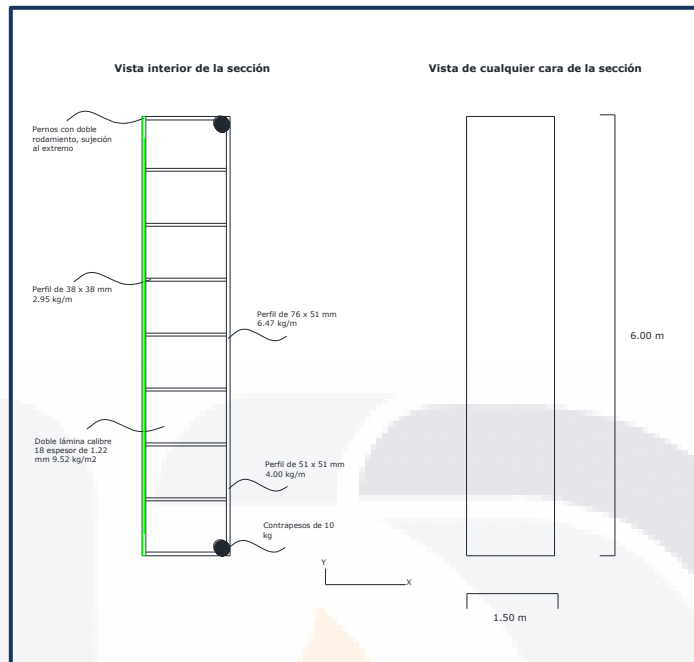


Imagen 54, Sección del modelo tres. Fuente propia.

Aunque este panel muestra otra cara al momento de ser girado por el viento esta imagen no será la misma que se vea del otro lado del panel es decir, muestra dos imágenes diferentes pero visto desde el mismo punto porque desde el otro lado las imágenes estarán acomodadas en desorden.

## II.VIII ANÁLISIS DEL MODELO TRES

### II.VIII.I PLANTEAMIENTO. ANÁLISIS CON EL VIENTO NORMAL AL PANEL. MODELO TRES

Cada una de las secciones se encuentra inclinada 2°, en relación a su vertical, obviamente el desfase se encuentra en el inferior de la sección para provocar que exista una reacción o fuerza que al momento de que gire trabaje con la gravedad y esta tienda a cerrar o a colocar en su posición en la que se encontraba o que gire 180° y muestra la cara que antes se encontraba en la parte de atrás del letrero. Todas las secciones girarán al tiempo que lo hace su eje y sus poleas inferior y superior las cuales están unidas por medio de una banda dentada, la cual transmitirá fricción al libre rodamiento de las poleas y el eje, sin embargo esta fricción no es considerada a causa de que la sección se encuentra totalmente unida al eje longitudinal que va de polea a polea.

La acción del viento genera un empuje sobre la sección, la sección gira sobre su inclinado eje Y, el brazo de palanca se mantendrá constante ya que se considera al centro, y la fuerza necesaria por el viento para hacer girar la sección variará en función al ángulo de apertura; la fuerza hacia el centro de gravedad esté en función a la reacción que tiene la sección por el ángulo de inclinación y el brazo de palanca variará en el eje X en función al ángulo de giro de la sección, el centro de gravedad de la sección se considera al centro a excepción de los contrapesos los cuales con ese fin son considerados en los extremos; la finalidad de estos consistirá en vencer la fricción de la banda transmitida a las poleas en un momento dado que la ráfaga del viento logre girar 90 grados la sección y después desaparezca esa ráfaga los contrapesos harán un efecto de honda para terminar hacer girar la sección o volverla a la posición en la que se encontraba. El giro en la sección generado por el viento se llama Momento Actuante y el giro generado por la descompuesta del peso en sentido del ángulo de inclinación se llama Momento Resistente; cuando para una velocidad del viento regional cualquiera que sea el valor del Momento Actuante se asemeja al valor del Momento Resistente, significa que para esa velocidad la sección gira un ángulo en función a la oposición del Momento Resistente.

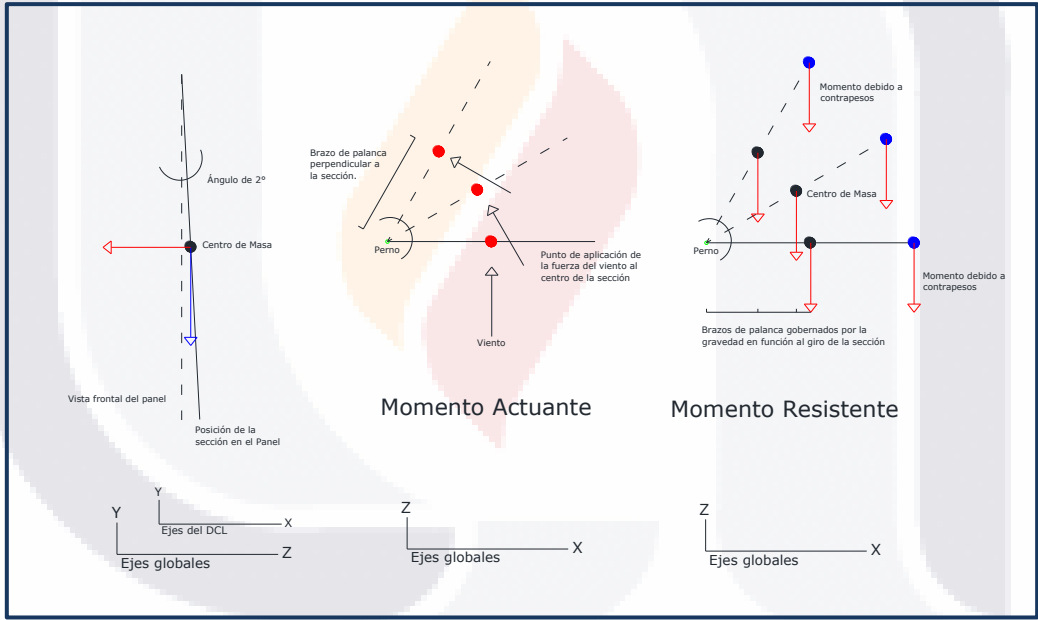


Imagen 55, Diagrama de cuerpo libre del modelo tres. Fuente propia.

Al obtener la primer reacción en el sentido de la gravedad debido a los 2° de inclinación de la sección si se considera el peso total incluidos los contrapesos, pero para obtener el momento resistente al momento de hacer girar a la sección se consideran como dos fuerzas puntuales el peso de la sección al centro y el de los contrapesos en un extremo.

## II.VIII.II SOLUCIÓN DEL PLANTEAMIENTO. MODELO TRES

Al igual que en los modelos anteriores se realizan tablas para encontrar el ángulo de equilibrio o apertura entre el momento resistente de la sección y el momento actuante de la acción del viento, y del mismo modo que en los modelos anteriores no se considera ningún tipo de fricción, así como al haber girado completamente la sección a 90° se considera completamente permeable.

Velocidad Diseño= <b>28.40</b> km/hr									
Velocidad Regional= 30.00 km/hr									
Pz= 6.056 kg/m <sup>2</sup>									
Reacción de la Sección= 11.66 kg									
Área de la sección= 9.00 m <sup>2</sup>									
θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección				Diferencia de momentos
	Área sección (m2)	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Reacción de la sección gobernada por la gravedad (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento provocado por los contrapesos (kg-m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	9.00	0.75	54.504	40.878	11.66	0.000	0.000	0.000	40.878
5	9.00	0.75	54.297	40.722	11.66	0.065	5.229	5.992	34.731
10	9.00	0.75	53.676	40.257	11.66	0.130	10.419	11.937	28.319
15	9.00	0.75	52.647	39.485	11.66	0.194	15.529	17.793	21.693
20	9.00	0.75	51.217	38.413	11.66	0.257	20.521	23.512	14.901
25	9.00	0.75	49.397	37.048	11.66	0.317	25.357	29.053	7.995
30	9.00	0.75	47.202	35.401	11.66	0.375	30.000	34.373	1.029
35	9.00	0.75	44.647	33.485	11.66	0.430	34.415	39.431	5.945
40	9.00	0.75	41.752	31.314	11.66	0.482	38.567	44.189	12.874
<b>45</b>	<b>9.00</b>	<b>0.75</b>	38.540	<b>28.905</b>	<b>11.66</b>	0.530	42.426	<b>48.610</b>	<b>19.705</b>
50	9.00	0.75	35.034	26.276	11.66	0.575	45.963	52.662	26.386
55	9.00	0.75	31.262	23.447	11.66	0.614	49.149	56.313	32.866
60	9.00	0.75	27.252	20.439	11.66	0.650	51.962	59.535	39.096
65	9.00	0.75	23.034	17.276	11.66	0.680	54.379	62.304	45.029
70	9.00	0.75	18.641	13.981	11.66	0.705	56.382	64.599	50.618
75	9.00	0.75	14.107	10.580	11.66	0.724	57.956	66.403	55.823
80	9.00	0.75	9.464	7.098	11.66	0.739	59.088	67.701	60.602
85	9.00	0.75	4.750	3.563	11.66	0.747	59.772	68.483	64.921
90	9.00	0.75	0.000	0.000	11.66	0.750	60.000	68.745	68.745

Tabla 16, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 30 km/h, modelo tres. Fuente propia.

Velocidad Diseño=	<b>47.34</b>	km/hr
Velocidad Regional=	50.00	km/hr
Pz=	17.329	kg/m <sup>2</sup>
Reacción de la Sección=	11.66	kg
Área de la sección=	9.00	m <sup>2</sup>

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección				Diferencia de momentos
	Área sección (m2)	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Reacción de la sección gobernada por la gravedad (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento provocado por los contrapesos (kg-m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	9.00	0.75	155.961	116.971	11.66	0.000	0.000	0.000	116.971
5	9.00	0.75	155.368	116.526	11.66	0.065	5.229	5.992	110.534
10	9.00	0.75	153.592	115.194	11.66	0.130	10.419	11.937	103.256
15	9.00	0.75	150.647	112.985	11.66	0.194	15.529	17.793	95.192
20	9.00	0.75	146.555	109.917	11.66	0.257	20.521	23.512	86.404
25	9.00	0.75	141.349	106.011	11.66	0.317	25.357	29.053	76.958
30	9.00	0.75	135.066	101.300	11.66	0.375	30.000	34.373	66.927
35	9.00	0.75	127.756	95.817	11.66	0.430	34.415	39.431	56.386
40	9.00	0.75	119.473	89.605	11.66	0.482	38.567	44.189	45.416
45	9.00	0.75	110.281	82.711	11.66	0.530	42.426	48.610	34.101
50	9.00	0.75	100.250	75.187	11.66	0.575	45.963	52.662	22.525
55	9.00	0.75	89.455	67.091	11.66	0.614	49.149	56.313	10.779
<b>60</b>	<b>9.00</b>	<b>0.75</b>	<b>77.980</b>	<b>58.485</b>	<b>11.66</b>	<b>0.650</b>	<b>51.962</b>	<b>59.535</b>	<b>1.050</b>
65	9.00	0.75	65.912	49.434	11.66	0.680	54.379	62.304	12.871
70	9.00	0.75	53.341	40.006	11.66	0.705	56.382	64.599	24.593
75	9.00	0.75	40.365	30.274	11.66	0.724	57.956	66.403	36.129
80	9.00	0.75	27.082	20.311	11.66	0.739	59.088	67.701	47.389
85	9.00	0.75	13.592	10.194	11.66	0.747	59.772	68.483	58.289
90	9.00	0.75	-0.001	0.000	11.66	0.750	60.000	68.745	68.745

Tabla 17, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 50 km/h, modelo tres. Fuente propia.

Velocidad Diseño=	<b>66.28</b>	km/hr
Velocidad Regional=	70.00	km/hr
Pz=	34.697	kg/m <sup>2</sup>
Reacción de la Sección=	11.66	kg
Área de la sección=	9.00	m <sup>2</sup>

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección				Diferencia de momentos
	Área sección (m2)	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Reacción de la sección gobernada por la gravedad (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento provocado por los contrapesos (kg-m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	9.00	0.75	312.273	234.205	11.66	0.000	0.000	0.000	234.205
5	9.00	0.75	311.085	233.314	11.66	0.065	5.229	5.992	227.322
10	9.00	0.75	307.529	230.647	11.66	0.130	10.419	11.937	218.709
15	9.00	0.75	301.633	226.224	11.66	0.194	15.529	17.793	208.432
20	9.00	0.75	293.441	220.080	11.66	0.257	20.521	23.512	196.568
25	9.00	0.75	283.015	212.261	11.66	0.317	25.357	29.053	183.209
30	9.00	0.75	270.436	202.827	11.66	0.375	30.000	34.373	168.455
35	9.00	0.75	255.799	191.849	11.66	0.430	34.415	39.431	152.419
40	9.00	0.75	239.215	179.411	11.66	0.482	38.567	44.189	135.222
45	9.00	0.75	220.810	165.607	11.66	0.530	42.426	48.610	116.997
50	9.00	0.75	200.725	150.544	11.66	0.575	45.963	52.662	97.882
55	9.00	0.75	179.112	134.334	11.66	0.614	49.149	56.313	78.021
60	9.00	0.75	156.136	117.102	11.66	0.650	51.962	59.535	57.567
65	9.00	0.75	131.972	98.979	11.66	0.680	54.379	62.304	36.674
70	9.00	0.75	106.803	80.102	11.66	0.705	56.382	64.599	15.503
<b>75</b>	<b>9.00</b>	<b>0.75</b>	<b>80.821</b>	<b>60.616</b>	<b>11.66</b>	<b>0.724</b>	<b>57.956</b>	<b>66.403</b>	<b>5.787</b>
80	9.00	0.75	54.225	40.668	11.66	0.739	59.088	67.701	27.032
85	9.00	0.75	27.215	20.411	11.66	0.747	59.772	68.483	48.072
90	9.00	0.75	-0.001	-0.001	11.66	0.750	60.000	68.745	68.746

Tabla 18, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 70 km/h, modelo tres. Fuente propia.



Velocidad Diseño=	<b>85.22</b>	km/hr
Velocidad Regional=	90.00	km/hr
Pz=	58.430	kg/m <sup>2</sup>
Reacción de la Sección=	11.66	kg
Área de la sección=	9.00	m <sup>2</sup>

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección				Diferencia de momentos
	Área sección (m2)	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Reacción de la sección gobernada por la gravedad (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento provocado por los contrapesos (kg-m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	9.00	0.75	525.870	394.403	11.66	0.000	0.000	0.000	394.403
5	9.00	0.75	523.869	392.902	11.66	0.065	5.229	5.992	386.910
10	9.00	0.75	517.881	388.411	11.66	0.130	10.419	11.937	376.473
15	9.00	0.75	507.951	380.963	11.66	0.194	15.529	17.793	363.171
20	9.00	0.75	494.156	370.617	11.66	0.257	20.521	23.512	347.105
25	9.00	0.75	476.600	357.450	11.66	0.317	25.357	29.053	328.397
30	9.00	0.75	455.416	341.562	11.66	0.375	30.000	34.373	307.190
35	9.00	0.75	430.767	323.075	11.66	0.430	34.415	39.431	283.645
40	9.00	0.75	402.839	302.129	11.66	0.482	38.567	44.189	257.941
45	9.00	0.75	371.846	278.884	11.66	0.530	42.426	48.610	230.274
50	9.00	0.75	338.022	253.516	11.66	0.575	45.963	52.662	200.855
55	9.00	0.75	301.626	226.219	11.66	0.614	49.149	56.313	169.907
60	9.00	0.75	262.934	197.200	11.66	0.650	51.962	59.535	137.665
65	9.00	0.75	222.241	166.681	11.66	0.680	54.379	62.304	104.377
70	9.00	0.75	179.857	134.893	11.66	0.705	56.382	64.599	70.293
75	9.00	0.75	136.104	102.078	11.66	0.724	57.956	66.403	35.675
<b>80</b>	<b>9.00</b>	<b>0.75</b>	<b>91.315</b>	<b>68.486</b>	<b>11.66</b>	<b>0.739</b>	<b>59.088</b>	<b>67.701</b>	<b>0.785</b>
85	9.00	0.75	45.831	34.373	11.66	0.747	59.772	68.483	34.110
90	9.00	0.75	-0.002	-0.001	11.66	0.750	60.000	68.745	68.746

Tabla 19, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 90 km/h, modelo tres. Fuente propia.

Velocidad Diseño=	<b>104.16</b>	km/hr
Velocidad Regional=	110.00	km/hr
Pz=	88.839	kg/m <sup>2</sup>
Reacción de la Sección=	11.66	kg
Área de la sección=	9.00	m <sup>2</sup>

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección				Diferencia de momentos
	Área sección (m2)	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Reacción de la sección gobernada por la gravedad (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento provocado por los contrapesos (kg-m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	9.00	0.75	799.551	599.663	11.66	0.000	0.000	0.000	599.663
5	9.00	0.75	796.508	597.381	11.66	0.065	5.229	5.992	591.390
10	9.00	0.75	787.404	590.553	11.66	0.130	10.419	11.937	578.616
15	9.00	0.75	772.307	579.230	11.66	0.194	15.529	17.793	561.438
20	9.00	0.75	751.332	563.499	11.66	0.257	20.521	23.512	539.987
25	9.00	0.75	724.639	543.479	11.66	0.317	25.357	29.053	514.426
30	9.00	0.75	692.431	519.323	11.66	0.375	30.000	34.373	484.951
35	9.00	0.75	654.953	491.215	11.66	0.430	34.415	39.431	451.784
40	9.00	0.75	612.491	459.368	11.66	0.482	38.567	44.189	415.180
45	9.00	0.75	565.367	424.025	11.66	0.530	42.426	48.610	375.415
50	9.00	0.75	513.940	385.455	11.66	0.575	45.963	52.662	332.793
55	9.00	0.75	458.602	343.952	11.66	0.614	49.149	56.313	287.639
60	9.00	0.75	399.774	299.830	11.66	0.650	51.962	59.535	240.295
65	9.00	0.75	337.903	253.427	11.66	0.680	54.379	62.304	191.123
70	9.00	0.75	273.460	205.095	11.66	0.705	56.382	64.599	140.496
75	9.00	0.75	206.937	155.202	11.66	0.724	57.956	66.403	88.800
80	9.00	0.75	138.838	104.129	11.66	0.739	59.088	67.701	36.428
<b>85</b>	<b>9.00</b>	<b>0.75</b>	<b>69.683</b>	<b>52.262</b>	<b>11.66</b>	<b>0.747</b>	<b>59.772</b>	<b>68.483</b>	<b>16.221</b>
90	9.00	0.75	-0.003	-0.002	11.66	0.750	60.000	68.745	68.747

Tabla 20, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 110 km/h, modelo tres. Fuente propia.

Velocidad Diseño=	<b>123.10</b>	km/hr
Velocidad Regional=	130.00	km/hr
Pz=	126.260	kg/m <sup>2</sup>
Reacción de la Sección=	11.66	kg
Área de la sección=	9.00	m <sup>2</sup>

θ	Momento Actuante por la acción del viento				Momento Resistente por la sección				Diferencia de momentos
	Área sección (m2)	Brazo de Palanca (m)	Fuerza (kg)	Momento Actuante (kg-m)	Reacción de la sección gobernada por la gravedad (kg)	Brazo de Palanca (m)	Momento provocado por los contrapesos (kg-m)	Momento Resistente (kg-m)	
0	9.00	0.75	1136.340	852.255	11.66	0.000	0.000	0.000	852.255
5	9.00	0.75	1132.016	849.012	11.66	0.065	5.229	5.992	843.020
10	9.00	0.75	1119.076	839.307	11.66	0.130	10.419	11.937	827.370
15	9.00	0.75	1097.620	823.215	11.66	0.194	15.529	17.793	805.422
20	9.00	0.75	1067.810	800.857	11.66	0.257	20.521	23.512	777.345
25	9.00	0.75	1029.873	772.405	11.66	0.317	25.357	29.053	743.352
30	9.00	0.75	984.099	738.074	11.66	0.375	30.000	34.373	703.701
35	9.00	0.75	930.834	698.126	11.66	0.430	34.415	39.431	658.695
40	9.00	0.75	870.486	652.864	11.66	0.482	38.567	44.189	608.676
45	9.00	0.75	803.512	602.634	11.66	0.530	42.426	48.610	554.024
50	9.00	0.75	730.423	547.818	11.66	0.575	45.963	52.662	495.156
55	9.00	0.75	651.776	488.832	11.66	0.614	49.149	56.313	432.519
60	9.00	0.75	568.168	426.126	11.66	0.650	51.962	59.535	366.591
65	9.00	0.75	480.235	360.176	11.66	0.680	54.379	62.304	297.872
70	9.00	0.75	388.648	291.486	11.66	0.705	56.382	64.599	226.887
75	9.00	0.75	294.103	220.577	11.66	0.724	57.956	66.403	154.175
80	9.00	0.75	197.320	147.990	11.66	0.739	59.088	67.701	80.289
<b>85</b>	<b>9.00</b>	<b>0.75</b>	<b>99.035</b>	<b>74.276</b>	<b>11.66</b>	<b>0.747</b>	<b>59.772</b>	<b>68.483</b>	<b>5.793</b>
90	9.00	0.75	-0.004	-0.003	11.66	0.750	60.000	68.745	68.748

Tabla 21, Momento Actuante y Momento Resistente para velocidad de 130 km/h, modelo tres. Fuente propia.

### III. RESULTADOS

#### III.I RESULTADOS DEL PROCESO DE ANÁLISIS DE LOS TRES MODELOS

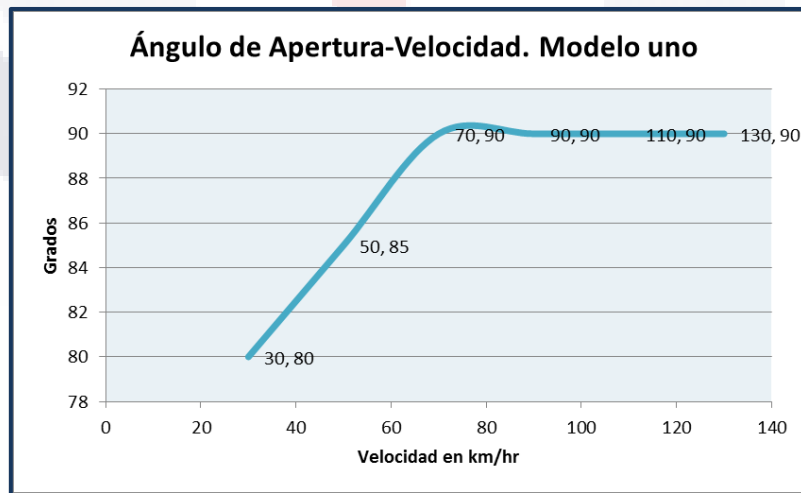
De las tablas anteriores de análisis de cada uno de los modelos, se obtiene que donde exista la menor diferencia entre el momento actuante por la acción del viento con el momento resistente debido a la posición, peso y características de cada sección en las que se encuentra dividido el letrero.

Relación ángulo de apertura con la velocidad regional					
Velocidad Regional km/h	Ángulo de apertura de cada sección				
	Modelo uno	Modelo uno (6°)	Modelo uno (aumento de peso a sección)	Modelo dos	Modelo tres
30	80°	65°	60°	15°	30°
50	85°	80°	80°	40°	60°
70	90°	85°	85°	60°	75°
90	90°	85°	85°	70°	80°
110	90°	90°	90°	75°	85°
130	90°	90°	90°	80°	90°

Tabla 22, Relación de velocidad y ángulo de apertura todos los modelos. Fuente propia.

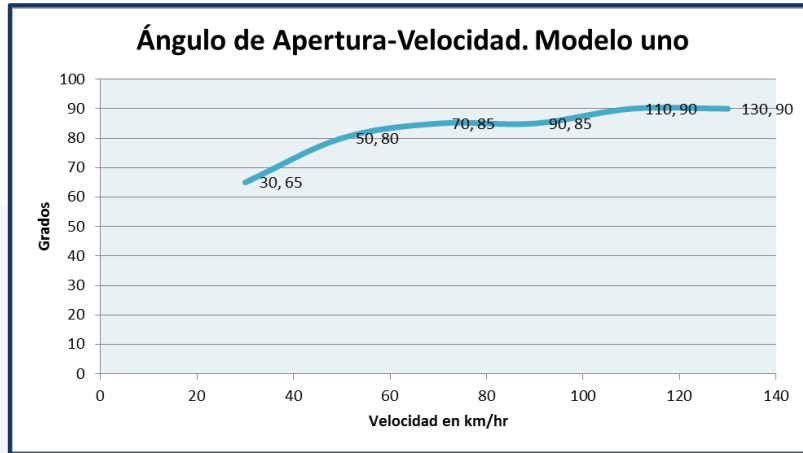
Al graficar los resultados del análisis en donde se encontró el ángulo al cual gira la sección, se obtiene una mejor interpretación del planteamiento que se hizo.

a) Para el modelo uno:



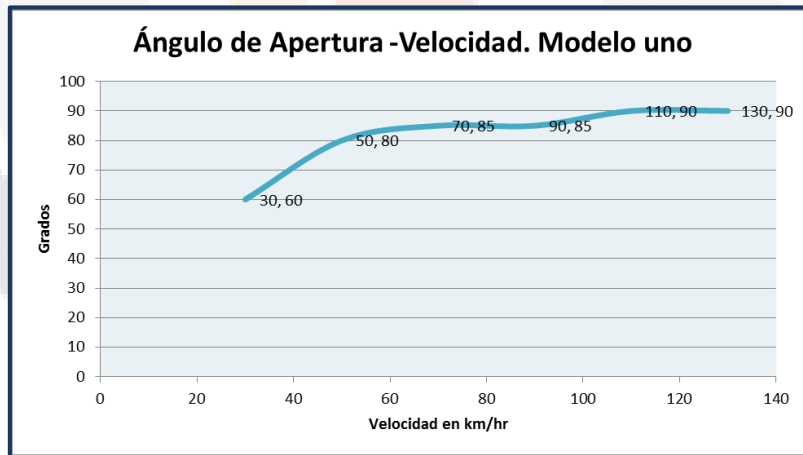
Gráfica 2, Relación Velocidad del Viento con Ángulo de Giro, modelo uno. Fuente propia.

Se observa un comportamiento lineal de la relación del ángulo de apertura o giro de cada sección hasta llegar a los 70 km/h de la velocidad regional, debido a que la sección ha girado por completo o a su máxima apertura que son a los 90° y se ha vuelto completamente permeable, sin embargo los ajustes que se le hicieron a la sección dan como resultado:



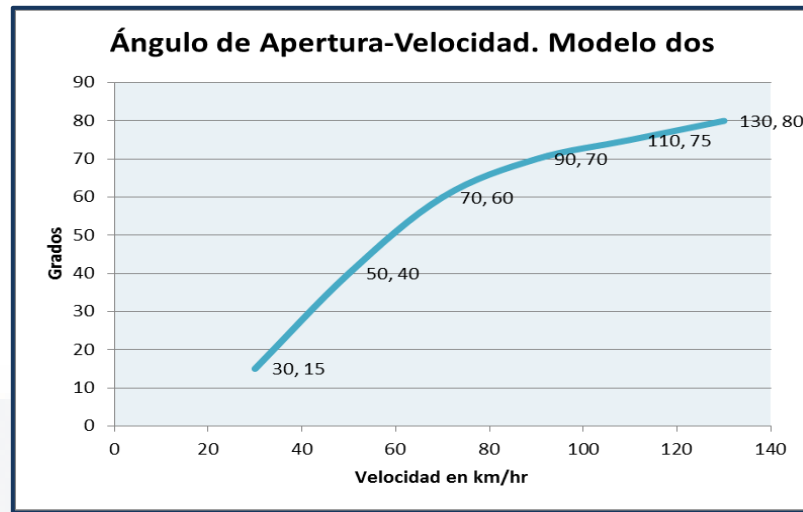
Gráfica 3, Relación Velocidad del Viento con Ángulo de Giro, modelo uno a 6°. Fuente propia.

La gráfica anterior en donde al modelo se le hace una corrección de ángulo de inclinación, donde pasa de 3° a 6° muestra un comportamiento un tanto más moderado sin embargo a los 110 km/h ya se encuentra la sección completamente girada o el panel totalmente permeable; el comportamiento del panel con secciones más pesadas se muestra en la siguiente gráfica:



Gráfica 4, Relación Velocidad del Viento con Ángulo de Giro, modelo uno con aumento en peso. Fuente propia.

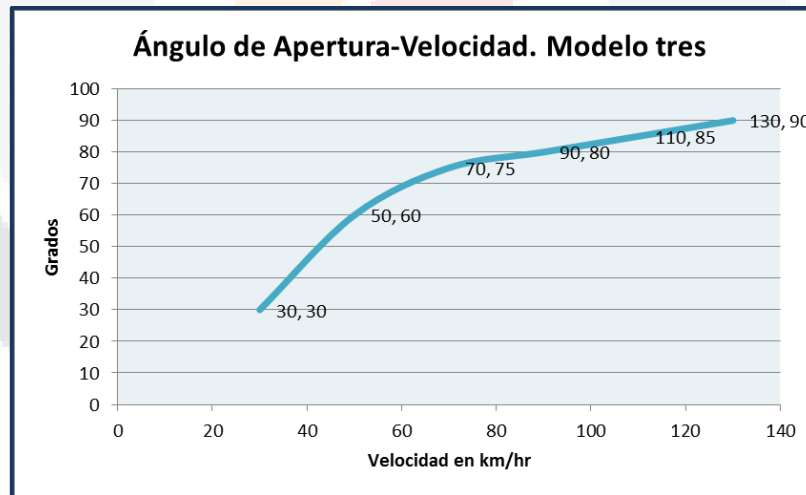
b) Para el modelo dos:



Gráfica 5, Relación Velocidad del Viento con Ángulo de Giro, modelo dos. Fuente propia.

De ambas gráficas se interpreta que el sistema o la sección que permite más rápidamente el paso del viento es el modelo uno, debido a que con una velocidad de 30 km/hr hace girar la sección en un ángulo de 75°.

c) Para el modelo tres:



Gráfica 6, Relación Velocidad del Viento con Ángulo de Giro, modelo tres. Fuente propia.

Lo anterior demuestra un comportamiento lineal ascendente pero después la acción del viento tiene menor efecto en relación a la resistencia de la sección.

Cada vez que la acción del viento ejerce presión sobre la sección y esta al girar disminuye el área de contacto normal al panel. La fuerza horizontal que tiene cada sección es decir en el eje z del diagrama de cuerpo libre, provoca un momento en la base conocido como momento de volteo, sumadas las fuerzas en cada sección y considerando el centro de la aplicación de la fuerza como el centro del panel con una distancia de 13 metros se obtiene el momento antes mencionado así también el momento provocado por el impacto del viento sobre el pedestal es considerado a una distancia de 5 metros del nivel de suelo, la suma de ambos da la pauta para compararlo con el momento de un espectacular sin ningún sistema permeable y saber si existe diferencia o no.

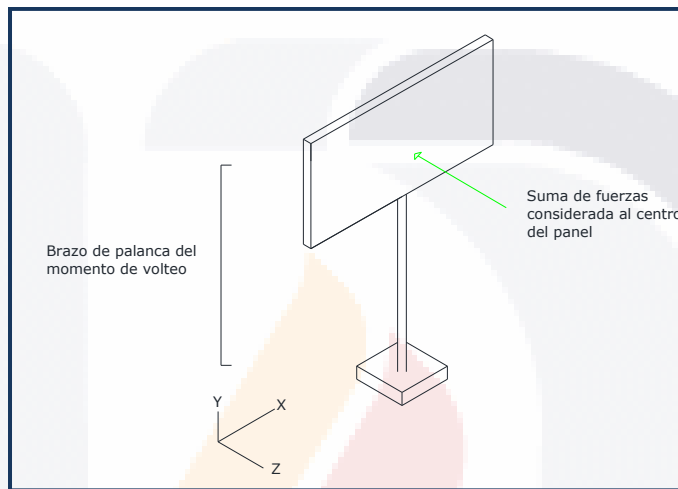


Imagen 56, momento de volteo en anuncio espectacular. Fuente propia.

Los momentos generados por el viento, calculados como una viga empotrada en un extremo con dos cargas puntuales, una de ellas considerada a la mitad de la altura del panel o letrero y la segunda a la mitad de la altura del poste o pedestal; se obtuvieron los siguientes resultados:

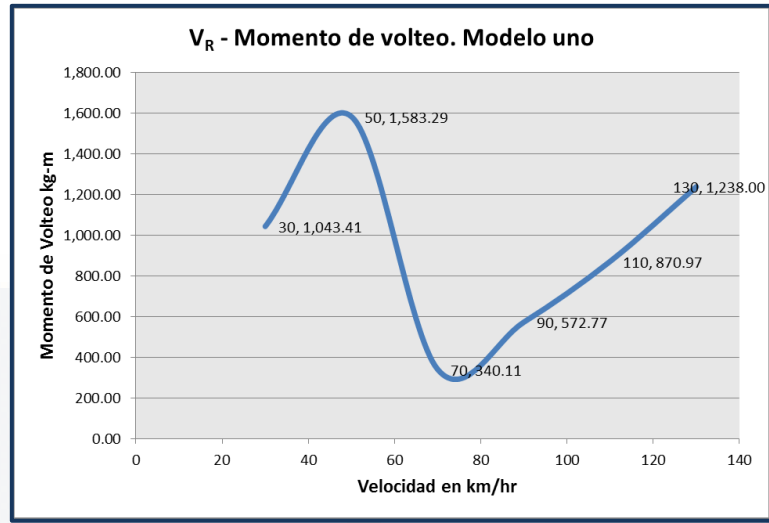
a) Modelo uno:

Momento de Volteo. Modelo uno								
Velocidad Regional (km/hr)	Velocidad de Diseño (km/hr)	Fuerza en cada sección(kg)	Fuerza en el panel o letrero (kg)	Momento de Volteo en el panel (kg-m)	Presión de Diseño pz del anuncio(kg/m2)	Fuerza de Diseño del poste (kg/m)	Momento provocado por el poste (kg-m)	Momento de Volteo (kg-m)
30.00	28.40	7.571	75.71	984.23	2.33	1.18	59.18	<b>1,043.41</b>
50.00	47.34	10.874	108.74	1,413.62	6.68	3.39	169.67	<b>1,583.29</b>
70.00	66.28	0.000	0.00	0.00	13.39	6.80	340.11	<b>340.11</b>
90.00	85.22	0.000	0.00	0.00	22.55	11.46	572.77	<b>572.77</b>
110.00	104.16	0.000	0.00	0.00	34.29	17.42	870.97	<b>870.97</b>
130.00	123.10	0.000	0.00	0.00	48.74	24.76	1,238.00	<b>1,238.00</b>

Tabla 23, Cálculo del momento de volteo del modelo uno. Fuente propia.

La gráfica resultado de lo anterior, se aprecia con un comportamiento que inicia ascendente y tiene posteriormente un cambio abrupto en caída y es el momento que corresponde a la apertura total de las secciones en las que se encuentra dividido el panel, a partir de ese momento como el

panel ya no genera ninguna obstrucción al viento la línea ascendente que se trata respecto del momento de volteo generado por la acción del viento sobre el pedestal.



Gráfica 7, Velocidad regional y momento de volteo del modelo uno. Fuente propia.

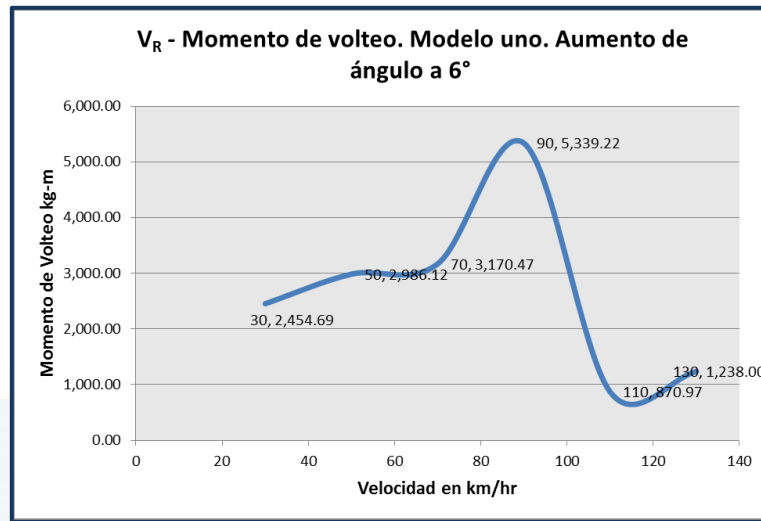
a') Modelo uno. Aumento del ángulo de inclinación a 6°:

Al realizar el primer ajuste a este modelo en relación del ángulo de inclinación se obtienen los siguientes valores de momento:

Momento de Volteo. Modelo uno 6° de inclinación								
Velocidad Regional (km/hr)	Velocidad de Diseño (km/hr)	Fuerza en cada sección(kg)	Fuerza en el panel o letrero (kg)	Momento de Volteo en el panel (kg-m)	Presión de Diseño pz del anuncio(kg/m2)	Fuerza de Diseño del poste (kg/m)	Momento provocado por el poste (kg-m)	Momento de Volteo (kg-m)
30.00	28.40	18.427	184.27	2,395.51	2.33	1.18	59.18	2,454.69
50.00	47.34	21.665	216.65	2,816.45	6.68	3.39	169.67	2,986.12
70.00	66.28	21.772	217.72	2,830.36	13.39	6.80	340.11	3,170.47
90.00	85.22	36.665	366.65	4,766.45	22.55	11.46	572.77	5,339.22
110.00	104.16	0.000	0.00	0.00	34.29	17.42	870.97	870.97
130.00	123.10	0.000	0.00	0.00	48.74	24.76	1,238.00	1,238.00

Tabla 24, Velocidad regional y momento de volteo del modelo uno con 6°. Fuente propia.

Esta gráfica tiene un comportamiento muy semejante al anterior, solo que el modelo anterior se volvía totalmente permeable a los 70 km/h de velocidad del viento y este modelo con esta modificación es hasta los 110 km/h.



Gráfica 8, Velocidad regional y momento de volteo, modelo uno a 6°. Fuente propia.

a'') Modelo uno. 6 ° de inclinación y aumenta el peso de la sección:

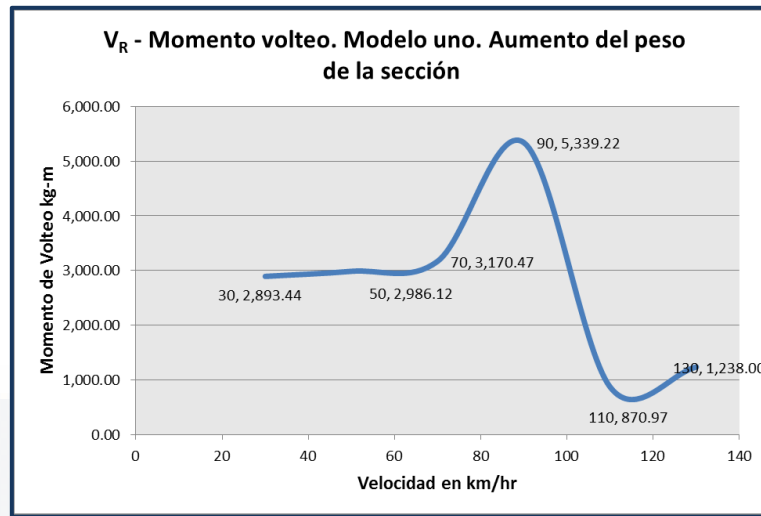
El segundo ajuste realizado al modelo consistente en el aumento en peso de la sección, esto para que el peso fuera una variable más en el impedimento de la apertura de la sección de manera tan rápida, ya que el modelo inicial se volvía permeable a una velocidad de apenas 70 km/h.

Momento de Volteo. Modelo uno aumenta el peso de la sección								
Velocidad Regional (km/hr)	Velocidad de Diseño (km/hr)	Fuerza en cada sección(kg)	Fuerza en el panel o letrero (kg)	Momento de Volteo en el panel (kg-m)	Presión de Diseño pz del anuncio(kg/m2)	Fuerza de Diseño del poste (kg/m)	Momento provocado por el poste (kg-m)	Momento de Volteo (kg-m)
30.00	28.40	21.802	218.02	2,834.26	2.33	1.18	59.18	2,893.44
50.00	47.34	21.665	216.65	2,816.45	6.68	3.39	169.67	2,986.12
70.00	66.28	21.772	217.72	2,830.36	13.39	6.80	340.11	3,170.47
90.00	85.22	36.665	366.65	4,766.45	22.55	11.46	572.77	5,339.22
110.00	104.16	0.000	0.00	0.00	34.29	17.42	870.97	870.97
130.00	123.10	0.000	0.00	0.00	48.74	24.76	1,238.00	1,238.00

Tabla 25, Velocidad regional y momento de volteo del modelo uno aumento de peso en la sección. Fuente propia.

El comportamiento de esta gráfica es prácticamente igual al del modelo anterior a pesar de haber incrementado el peso de la sección.





Gráfica 9, Velocidad regional y momento de volteo modelo uno aumento de peso en la sección. Fuente propia

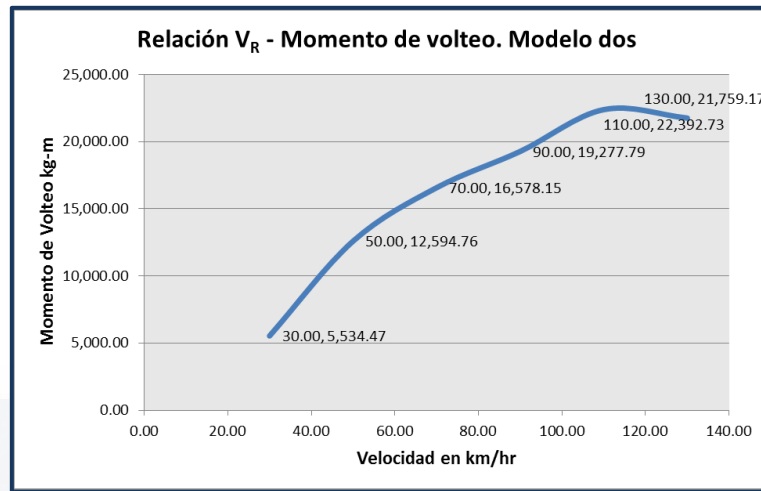
b) Para el modelo dos:

En este modelo los valores obtenidos de los momentos de volteo ascienden paulatinamente y aunque los valores se encuentran muy distantes de los valores de momento de volteo del modelo común su comportamiento es semejante.

Velocidad Regional (km/hr)	Velocidad de Diseño (km/hr)	Fuerza en cada sección(kg)	Fuerza en el panel o letrero (kg)	Momento de Volteo en el panel (kg-m)	Presión de Diseño pz del anuncio(kg/m2)	Fuerza de Diseño del poste (kg/m)	Momento provocado por el poste (kg-m)	Momento de Volteo (kg-m)
30.00	28.40	17.549	421.18	5,475.29	2.33	1.18	59.18	5,534.47
50.00	47.34	39.824	955.78	12,425.09	6.68	3.39	169.67	12,594.76
70.00	66.28	52.045	1,249.08	16,238.04	13.39	6.80	340.11	16,578.15
90.00	85.22	59.952	1,438.85	18,705.02	22.55	11.46	572.77	19,277.79
110.00	104.16	68.980	1,655.52	21,521.76	34.29	17.42	870.97	22,392.73
130.00	123.10	65.773	1,578.55	20,521.18	48.74	24.76	1,238.00	21,759.17

Tabla 26, Velocidad regional y momento de volteo del modelo dos. Fuente propia.

La gráfica del modelo refleja un comportamiento ascendente un tanto más rápido que en el modelo común y aunque al final se presenta un descenso en el valor es debido al redondeo que se realizó en las tablas de la igualación del momento actuante con el momento resistente, sin embargo se supone que el comportamiento del modelo debe de continuar tal como empezó.



Gráfica 10, Velocidad regional y momento de volteo modelo dos. Fuente propia

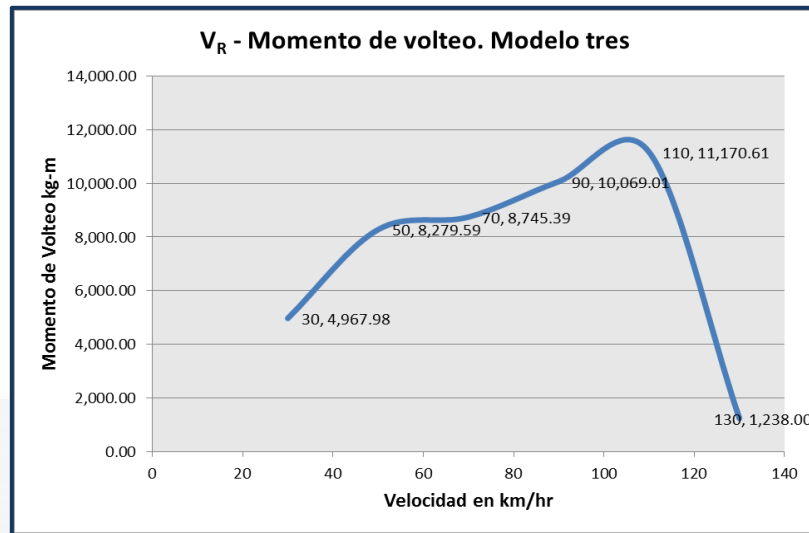
c) Para el modelo tres:

Los valores de los momentos aumentan paulatinamente hasta los noventa grados de ángulo de apertura que es cuando la sección se supone completamente rotada.

Velocidad Regional (km/hr)	Velocidad de Diseño (km/hr)	Fuerza en cada sección(kg)	Fuerza en el panel o letrero (kg)	Momento de Volteo en el panel (kg-m)	Presión de Diseño pz del anuncio(kg/m2)	Fuerza de Diseño del poste (kg/m)	Momento provocado por el poste (kg-m)	Momento de Volteo (kg-m)
30.00	28.40	47.200	377.60	4,908.80	2.33	1.18	59.18	4,967.98
50.00	47.34	77.980	623.84	8,109.92	6.68	3.39	169.67	8,279.59
70.00	66.28	80.820	646.56	8,405.28	13.39	6.80	340.11	8,745.39
90.00	85.22	91.310	730.48	9,496.24	22.55	11.46	572.77	10,069.01
110.00	104.16	99.035	792.28	10,299.64	34.29	17.42	870.97	11,170.61
130.00	123.10	0.000	0.00	0.00	48.74	24.76	1,238.00	1,238.00

Tabla 27, Cálculo del momento de volteo del modelo tres. Fuente propia.

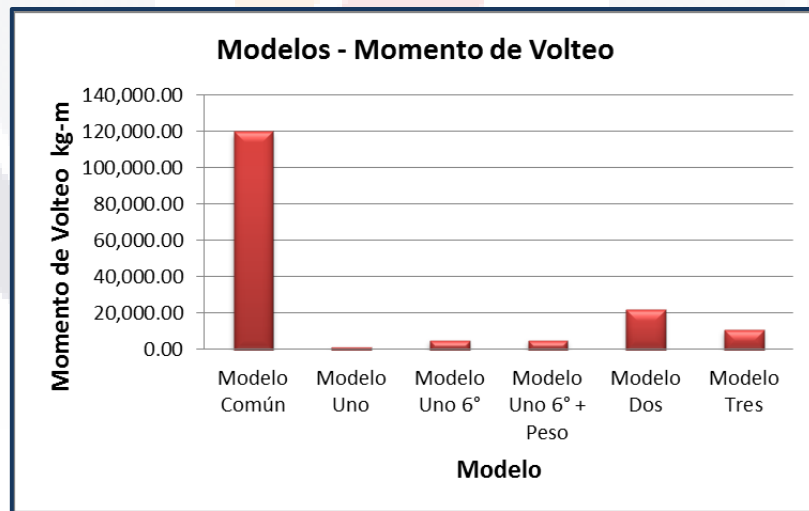
La gráfica de los resultados anteriores muestra lo siguiente:



Gráfica 11, Velocidad regional y momento de volteo modelo tres. Fuente propia

Esta gráfica muestra un descenso al llegar a los 130 km/h debido a que ha sido totalmente rotada por la acción del viento.

En la siguiente gráfica se observan las diferencias en valor del momento de volteo de los 5 casos analizados comparados con un modelo común, el modelo número uno tiene un momento demasiado bajo casi imperceptible, en cambio el panel del modelo dos es el que más resistencia opone a la acción del viento.



Gráfica 12, Velocidad de Diseño y Momento de Volteo para paneles permeables. Fuente propia

### III.II ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN Y PEDESTAL CON RESULTADOS DE MODELOS

#### III.II.I ANÁLISIS DEL PEDESTAL

La finalidad principal del presente análisis desde un inicio es y ha sido disminuir el momento de volteo producido por la acción del viento, en las gráficas anteriores se aprecia notablemente disminuido, lo que significa que los elementos principales – que para fines del presente serán resumidos a dos – pedestal y cimentación, los cuales tendrán una reducción.

Análisis del pedestal del anuncio común con panel sólido

El momento generado a una velocidad de 130 km/h es de 119,417.36 kg-m, para simplificar el número se redondea a 119,000 kg-m, dado que el pedestal se encuentra al centro del panel se considera que no tiene torsión, debido a ello solo se realiza el análisis por límite de esfuerzos a flexión.

$$M = 119,000 \text{ Kg-m} = 11,900,000 \text{ Kg/cm}$$

Se obtiene un módulo de sección  $S$ , a partir del esfuerzo máximo permisible del acero que es 0.60 de  $F_y$ , es decir  $0.60 * 2,530 \text{ kg/cm}^2 = 1,518 \text{ kg/cm}^2$

$$\sigma = \frac{MC}{I}, \quad \sigma = \frac{M}{S}, \quad S = \frac{M}{\sigma}$$

$$S = \frac{11,900,000 \text{ Kg-cm}}{0.6 * 2530 \text{ Kg/cm}^2} = 7,839.26 \text{ cm}^3$$

Se selecciona el tubo con el módulo de sección obtenido, con un módulo de sección  $S$  de 7,991.77  $\text{cm}^3$ , el tubo es de 914 x 12.70 mm, un tanto grande.

Ahora el cálculo de los esfuerzos actuantes, compresión y flexión:

$$f_a = \frac{P}{A} = 3000 \text{ kg} / 359.6 \text{ cm}^2 = 8.34 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_b = \frac{M}{S} = 11,900,000 \text{ kg-cm} / 7,991.77 = 1,489.03 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzos permisibles para miembros en compresión, donde  $K$  factor de longitud efectiva es 2.00,  $L$  la longitud libre de acuerdo a las condiciones de apoyo de columna es 1000 cm, el radio de giro es 32.87 cm.

$$\frac{KL}{r} = \frac{2 * 1000}{31.87} = 62.75$$

De tablas el esfuerzo admisible FA para una relación de esbeltez de 63 es de 1205 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto a la compresión pura pasa. Las relaciones de esfuerzo son:

$$\frac{fa}{FA} = \frac{8.34 \text{ kg/cm}^2}{1205 \text{ kg/cm}^2} = 0.00692$$

$$\frac{fb}{FB} = \frac{1,489.03 \text{ gk/cm}^2}{1518 \text{ kg/cm}^2} = 0.981$$

La suma de ambas relaciones tiene que ser menor que 1 para que el miembro trabaje dentro de los parámetros de seguridad comunes.

$$\frac{fa}{FA} + \frac{fb}{FB} = 0.00692 + 0.981 = 0.987 < 1.00$$

A partir de este valor se acepta el tubo propuesto y de lo anterior se tiene que el anuncio espectacular común de 6 x 12 metros, de panel sólido a una altura de 10 metros, con altura total de 16 metros el pedestal empleado es de 914 x 12.70 mm con un peso por metro lineal de 282.30 kg/m, este punto de partida en el principal para poder comparar los pedestales de los diferentes modelos con el nuncio espectacular común.

Es necesario aclarar que el anterior análisis sin ser precisada a detalle se realiza con una carga del letrero o panel de 3000 kg, esto para simplificación del análisis, es un valor para el caso del modelo común el cual ronda los 42 kg por m<sup>2</sup> de anuncio; además también el momento de volteo en el anterior análisis debió de ser de 12,037,200 kg-cm debido a que inicialmente se calculó con un pedestal de 0.508 m de diámetro, este al aumentar a 0.914 m, aumento el área de acción o choque, sin embargo al realizar el análisis con este nuevo momento el pedestal seleccionado sigue siendo suficiente.

Para fines del presente el análisis del pedestal empleado para cada modelo es presentado en la siguiente tabla:

Cálculo del pedestal con el momento de volteo provocado por una velocidad de 130 km/h							
	Modelo Común	Modelo uno	Modelo uno (6°)	Modelo uno (6° + aumento peso en la sección)	Modelo dos	Modelo tres	Unidades
<b>Del análisis</b>							
P Peso del panel:	3,000.00	3,094.00	3,094.00	3,874.00	2,970.00	3,000.00	kg
M momento de volteo :	120,000.00	1,238.00	1,238.00	1,238.00	21,759.17	1,238.00	km-m
<b>Por NTCDF-04</b>							
σ Esf. permisible del acero:	1,518.00	1,518.00	1,518.00	1,518.00	1,518.00	1,518.00	kg/cm <sup>2</sup>
S modulo de s. requerido:	7,905.14	81.55	81.55	81.55	1,433.41	81.55	cm <sup>3</sup>
<b>Selección de tubo</b>							
Tubo seleccionado:	914 x 12.70 mm	273 x 7.80 mm	273 x 7.80 mm	273 x 7.80 mm	406 x 12.70 mm	273 x 7.80 mm	
A área del tubo:	359.60	65.01	65.01	65.01	157.08	65.01	cm <sup>2</sup>
r radio de giro del tubo:	31.87	9.38	9.38	9.38	13.93	9.38	cm
S mod. secc. del tubo:	7,991.77	419.23	419.23	419.23	1,499.30	419.23	cm <sup>3</sup>
I momento inercia del tubo:	365,219.98	5,724.55	5,724.55	5,724.55	30,465.70	5,724.55	cm <sup>4</sup>
<b>Esfuerzos actuantes</b>							
fa a la compresión:	8.34	47.59	47.59	59.59	18.91	46.15	kg/cm <sup>2</sup>
fb a la flexión:	1,501.54	295.30	295.30	295.30	1,451.29	295.30	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Relación de esbeltez</b>							
k longitud efectiva:	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
L longitud del pedestal:	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	cm
relacion esbeltez:	62.75	213.22	213.22	213.22	143.58	213.22	
FA esf. Admisible:	1,205.00	220.00	220.00	220.00	506.00	1,205.00	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Relación de esfuerzos</b>							
fa/FA:	0.0069	0.2163	0.2163	0.2709	0.0374	0.0383	
fb/FB:	0.989	0.195	0.195	0.195	0.956	0.195	
fa/FA + fb/FB:	0.9961	0.4109	0.4109	0.4654	0.9934	0.2328	
<b>Resultados</b>							
Peso por m de tubo:	282.30	51.03	51.03	51.03	123.31	51.03	kg/m
Diferencia en peso por m:		231.27	231.27	231.27	158.99	231.27	kg/m
Peso del pedestal:	2,823.00	510.3	510.3	510.3	1233.1	510.3	kg
Diferencia total en peso:		2,312.70	2,312.70	2,312.70	1,589.90	2,312.70	kg

Tabla 28, Cálculo del pedestal empleando el momento producido por una velocidad de 130 km/h. Fuente propia.

Debido a que en los modelos uno y sus variantes el valor del momento de volteo no es a la velocidad máxima de diseño se presenta otra tabla:

Cálculo del pedestal con el momento de volteo máximo							
	Modelo Común	Modelo uno	Modelo uno (6°)	Modelo uno (6° + aumento peso en la sección)	Modelo dos	Modelo tres	Unidades
<b>Del análisis</b>							
P Peso del panel:	3,000.00	3,094.00	3,094.00	3,874.00	2,970.00	3,000.00	kg
M momento de volteo :	120,000.00	1,583.29	5,339.22	5,339.22	22,392.73	11,170.61	km-m
<b>Por NTCDF-04</b>							
$\sigma$ Esf. permisible del acero:	1,518.00	1,518.00	1,518.00	1,518.00	1,518.00	1,518.00	kg/cm <sup>2</sup>
S modulo de s. requerido:	7,905.14	104.30	351.73	351.73	1,475.15	735.88	cm <sup>3</sup>
<b>Selección de tubo</b>							
Tubo seleccionado:	914 x 12.70 mm	273 x 7.80 mm	273 x 9.27 mm	273 x 9.27 mm	406 x 12.70 mm	324 x 10.31 mm	
A área del tubo:	359.60	65.01	76.83	76.83	157.08	101.57	cm <sup>2</sup>
r radio de giro del tubo:	31.87	9.38	9.33	9.33	13.93	11.09	cm
S mod. secc. del tubo:	7,991.77	419.23	490.18	490.18	1,499.30	771.77	cm <sup>3</sup>
I momento inercia del tubo:	365,219.98	5,724.55	6,693.37	6,693.37	30,465.70	12,498.80	cm <sup>4</sup>
<b>Esfuerzos actuantes</b>							
fa a la compresión:	8.34	47.59	40.27	50.42	18.91	29.54	kg/cm <sup>2</sup>
fb a la flexión:	1,501.54	377.67	1,089.24	1,089.24	1,493.55	1,447.40	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Relación de esbeltez</b>							
k longitud efectiva:	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
L longitud del pedestal:	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	cm
relacion esbeltez:	62.75	213.22	214.36	214.36	143.58	180.34	
FA esf. Admisible:	1,205.00	220.00	220.00	220.00	506.00	1,205.00	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Relación de esfuerzos</b>							
fa/FA:	0.0069	0.2163	0.1830	0.2292	0.0374	0.0245	
fb/FB:	0.989	0.249	0.718	0.718	0.984	0.953	
fa/FA + fb/FB:	0.9961	0.4651	0.9006	0.9467	1.0213	0.9780	
<b>Resultados</b>							
Peso por m de tubo:	282.30	51.03	60.31	60.31	123.31	79.73	kg/m
Diferencia en peso por m:		231.27	221.99	221.99	158.99	202.57	kg/m
Peso del pedestal:	2,823.00	510.3	603.1	603.1	1233.1	797.3	kg
Diferencia total en peso:		2,312.70	2,219.90	2,219.90	1,589.90	2,025.70	kg

Tabla 29, Cálculo del pedestal empleando el momento máximo de volteo. Fuente propia.

### III.II.II ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

El presente realiza un análisis y diseño paso a paso o descriptivo de una zapata cuadrada común para el modelo común de anuncio espectacular con los valores de carga y momento obtenidos con anterioridad.

La carga del anuncio es de 5,823 kg para fines de simplificación se consideran 6,000 kg, el momento de volteo de 120,000 kg-m, se propone una zapata de 3.00 x 3.00 m, concreto de  $F'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , con peralte de 40 cm, dado de concreto de 1.00 x 1.00 m, con profundidad de desplante 3.00 m, considerando toda la carga que existe sobre esta, tal como material de relleno con una peso volumétrico de 1,500 kg/m<sup>3</sup>, así como el peso del dado, los esfuerzos transmitidos al suelo del desplante:

$$\frac{P}{A} = \frac{45,600 \text{ kg}}{3 \times 3 \text{ m}} = 5,066 \text{ kg/m}^2, 5.06 \text{ ton/ m}^2$$

$$\sigma = \frac{MC}{I} = \frac{120,000 * 1.5}{6.75} = 26,666 \text{ kg/m}^2, 26.67 \text{ ton/ m}^2$$

Combinación de cargas según comportamiento de la zapata

$$\sigma_1 = 5.06 + 26.67 = 31.73 \text{ ton/ m}^2$$

$$\sigma_2 = 5.06 - 26.67 = 21.61 \text{ ton/ m}^2$$

Revisión por cortante

$$V_U = 1.4 * 31.73 (1.00 - 0.40) = 26.66 \text{ ton}$$

$$V_{CR} = 0.5 * \sqrt{250 \text{ kg/cm}^2} (100 \text{ cm})(40 \text{ cm})$$

$$V_{CR} = 31,622.77 \text{ kg}, 31.6 \text{ ton}$$

$$V_{CR} > V_U, 31.6 \text{ ton} > 26.66 \text{ ton}$$

Diseño por flexión

$$M = \frac{wl^2}{2} = \frac{1.4 * 31.73 * 1.00^2}{2} = 22.31 \text{ ton-m}$$

$$\frac{Mu}{bd^2} = \frac{2,231,000 \text{ kg-cm}}{100 * 40^2} = 13.88$$

De tablas establecidas se obtiene un valor de  $\rho$ , el cual es de 0.3872 %

$$0.003872 * 100 * 40 = 15.48 \text{ cm}^2$$

Empleando varilla de ½" de 1.26 cm<sup>2</sup>, 15.48 / 1.26 = 12.23 ≈ 13 vrs., colocadas a cada 100/13 = 7.69 cm ≈ 7.5 cm.

No se realiza un análisis del suelo debido a que no tiene objeto dentro del presente.

De todo lo anterior se tiene que se desplaza o excava 27 m<sup>3</sup> de material del suelo, se emplean al menos 6.3 m<sup>3</sup> de concreto y tan solo de la parrilla de la zapata 249.6 m, traducidos a 248 kg de acero.



De lo anterior obtenemos lo siguiente:

Cálculo de cimentación con el momento de volteo provocado por una velocidad de 130 km/h							
	Modelo Común	Modelo uno	Modelo uno (6°)	Modelo uno (6° + aumento peso en la sección)	Modelo dos	Modelo tres	Unidades
<b>Datos de la zapata</b>							
Df profundidad de desplante:	3.00	2.50	2.50	2.50	2.50	3.00	m
Lado de dado:	1.00	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	m
Lado de zapata:	3.00	1.50	1.50	1.50	2.00	1.50	m
d peralte zapata:	0.40	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m
A área propuesta:	9.00	2.25	2.25	2.25	4.00	2.25	m <sup>2</sup>
I momento inercia:	6.75	0.42	0.42	0.42	1.33	0.42	m <sup>4</sup>
Ala de la zapata :	1.00	0.60	0.60	0.60	0.85	0.60	m
Material excavado peso:	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	ton/m <sup>3</sup>
P carga bajo suelo sobre zapata:	39.60	8.08	8.08	8.08	14.20	9.81	ton
Concreto:	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Cargas y momentos</b>							
Momento	120,000.00	1,238.00	1,238.00	1,238.00	21,759.17	1,238.00	kg-m
P carga pedestal y letrero:	6.00	3.604	3.604	4.384	3.90	5.00	ton
P carga total:	45.60	11.68	11.68	12.46	18.11	14.81	ton
<b>Esfuerzos</b>							
P/A:	5,066.67	5,191.78	5,191.78	5,538.44	4,526.38	6,580.22	kg/m <sup>2</sup>
	5.07	5.19	5.19	5.54	4.53	6.58	ton/m <sup>2</sup>
σ:	26,666.67	2,200.89	2,200.89	2,200.89	16,319.38	2,200.89	kg/m <sup>2</sup>
	26.67	2.20	2.20	2.20	16.32	2.20	ton/m <sup>2</sup>
<b>Esfuerzos combinados</b>							
σ1:	31.73	7.39	7.39	7.74	20.85	8.78	ton/m <sup>2</sup>
σ2:	21.60	-2.99	-2.99	-3.34	11.79	-4.38	ton/m <sup>2</sup>
<b>Revisión al corte</b>							
V <sub>U</sub> cortante último:	26.66	3.62	3.62	3.79	17.51	4.30	ton
V <sub>CR</sub> cortante resistente:	31.62	19.76	19.76	19.76	19.76	19.76	ton
<b>Diseño por flexión</b>							
M momento:	22.21	1.86	1.86	1.95	10.54	2.21	ton-m
Mu/bd <sup>2</sup> :	13.88	2.98	2.98	3.12	16.87	3.54	
ρ de tablas:	0.3872	0.2000	0.2000	0.2000	0.5258	0.2000	%
Área de acero requerida:	15.49	5.00	5.00	5.00	13.15	5.00	cm <sup>2</sup>
Diametro de la varilla:	1.27	0.95	0.95	0.95	1.27	0.95	cm
No. de varillas:	12.23	7.05	7.05	7.05	10.38	7.05	pza
No. de varillas empleadas:	13.00	8.00	8.00	8.00	11.00	8.00	pza
Peso de la varilla:	0.996	0.560	0.560	0.560	0.996	0.560	kg/m
<b>Resultados</b>							
Peso total de la parrilla:	248.60	22.85	22.85	22.85	96.41	22.85	kg
Diferencia en peso:		225.75	225.75	225.75	152.19	225.75	kg
Volumen de excavación	27.00	5.63	5.63	5.63	10.00	6.75	m <sup>3</sup>
Volumen de concreto	6.20	0.77	0.77	0.77	1.20	0.81	m <sup>3</sup>

Tabla 30, Cálculo de la cimentación empleando el valor del momento de volteo con una velocidad de 130 km/h . Fuente propia.

Debido a que los valores de momento máximo no siempre ocurren a los 130 km/h, así como en las tablas de análisis del pedestal se presentan en dos.

Cálculo de la cimentación con el momento de volteo máximo							
	Modelo Común	Modelo uno	Modelo uno (6°)	Modelo uno (6° + aumento peso en la sección)	Modelo dos	Modelo tres	Unidades
<b>Datos de la zapata</b>							
Df profundidad de desplante:	3.00	2.50	2.50	2.50	2.50	3.00	m
Lado de dado:	1.00	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	m
Lado de zapata:	3.00	1.50	1.50	1.50	2.00	1.80	m
d peralte zapata:	0.40	0.25	0.25	0.25	0.25	0.30	m
A área propuesta:	9.00	2.25	2.25	2.25	4.00	3.24	m <sup>2</sup>
I momento inercia:	6.75	0.42	0.42	0.42	1.33	0.87	m <sup>4</sup>
Ala de la zapata :	1.00	0.60	0.60	0.60	0.85	0.75	m
Material excavado peso:	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	ton/m <sup>3</sup>
P carga bajo suelo sobre zapata:	39.60	8.08	8.08	8.08	14.20	13.85	ton
Concreto:	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Cargas y momentos</b>							
Momento	120,000.00	1,583.29	5,339.22	5,339.22	22,392.73	11,170.61	kg-m
P carga pedestal y letrero:	6.00	3.604	3.604	4.384	3.903	5.00	ton
P carga total:	45.60	11.68	11.68	12.46	18.11	18.85	ton
<b>Esfuerzos</b>							
P/A:	5,066.67	5,191.78	5,191.78	5,538.44	4,526.38	5,818.21	kg/m <sup>2</sup>
	5.07	5.19	5.19	5.54	4.53	5.82	ton/m <sup>2</sup>
σ:	26,666.67	2,814.74	9,491.95	9,491.95	16,794.55	11,492.40	kg/m <sup>2</sup>
	26.67	2.81	9.49	9.49	16.79	11.49	ton/m <sup>2</sup>
<b>Esfuerzos combinados</b>							
σ1:	31.73	8.01	14.68	15.03	21.32	17.31	ton/m <sup>2</sup>
σ2:	21.60	-2.38	4.30	3.95	12.27	5.67	ton/m <sup>2</sup>
<b>Revisión al corte</b>							
V <sub>u</sub> cortante último:	26.66	3.92	7.20	7.36	17.91	10.91	ton
V <sub>CR</sub> cortante resistente:	31.62	19.76	19.76	19.76	19.76	23.72	ton
<b>Diseño por flexión</b>							
M momento:	22.21	2.02	3.70	3.79	10.78	6.82	ton-m
Mu/bd <sup>2</sup> :	13.88	3.23	5.92	6.06	17.25	7.57	
ρ de tablas:	0.3872	0.2000	0.2000	0.2000	0.5258	0.2167	%
Área de acero requerida:	15.49	5.00	5.00	5.00	13.15	6.50	cm <sup>2</sup>
Diametro de la varilla:	1.27	0.95	0.95	0.95	1.27	1.27	cm
No. de varillas:	12.23	7.05	7.05	7.05	10.38	5.13	pza
No. de varillas empleadas:	13.00	8.00	8.00	8.00	11.00	6.00	pza
Peso de la varilla:	0.996	0.560	0.560	0.560	0.996	0.996	kg/m
<b>Resultados</b>							
Peso total de la parrilla:	248.60	22.85	22.85	22.85	96.41	43.03	kg
Diferencia en peso:		225.75	225.75	225.75	152.19	205.57	kg
Volumen de excavación	27.00	5.63	5.63	5.63	10.00	9.72	m <sup>3</sup>
Volumen de concreto	6.20	0.77	0.77	0.77	1.20	1.22	m <sup>3</sup>

Tabla 31, Cálculo de la cimentación empleando el valor del momento de volteo máximo. Fuente propia.

Se observa que los valores entre la tabla que considera los valores debido a la velocidad regional de 130 km/h son muy semejantes a los del momento máximo, esto debido principalmente a que en el diseño por flexión, por las NTCDF-04 se emplea el acero mínimo, todos los tres diferentes casos del modelo uno resultaron por debajo de este valor.

### III.III PRESUPUESTACIÓN SIMPLE Y COMPARACIÓN CON MODELO COMÚN

Para conocer el resultado final de todas estas propuestas es necesario darle un valor monetario a los ajustes y cambios propuestos en los diferentes modelos, para conocer si es rentable realizar dichas modificaciones al modelo común existente de anuncio espectacular, para conocer si es rentable realizar un modelo de dos caras que tenga movimiento con la acción del viento. Los elementos que más impactan en la construcción de un espectacular son principalmente el pedestal y la cimentación, debido a ello son estos los únicos elementos considerados para tener elementos comparativos de valor o precio. El pedestal pues es simple, el solo peso, pero la cimentación es considerada en tres conceptos, volumen de material excavado y de relleno, concreto de zapata y dado y acero de refuerzo únicamente de la zapata, en lo que se refiere al panel se considera el peso del mismo – que ya era un valor aproximado– así como los elementos accesorios que hacen posible la permeabilidad del mismo, a todos estos elementos se les asigna un valor paramétrico obtenido del catálogo 2013 de la Cámara Mexicana de Industria de la Construcción, el resultado final da un total el cual es el punto de comparación.

Empleando las características de los anuncios con los momentos de volteo máximos y no necesariamente los provocados por la velocidad de 130 km/h debido a que estos no siempre fueron los máximos obtenemos:

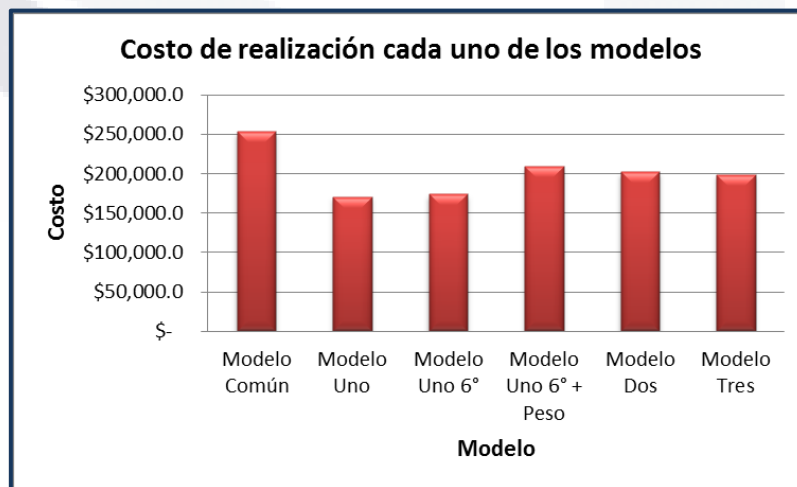
<i>Presupuesto de los conceptos más importantes de los anuncios espectaculares</i>								
Concepto	Unidades	Precio U.	Modelo Común		Modelo uno		Modelo uno (6°)	
			Cantidad	Importe	Cantidad	Importe	Cantidad	Importe
<b>Estructura</b>								
Panel o letrero	kg	\$ 45.0	3,000.00	135,000.00	3,094.00	139,230.00	3,094.00	139,230.00
Pedestal	kg	\$ 35.0	2,823.00	98,805.00	510.30	17,860.50	603.10	21,108.50
<b>Cimentación</b>								
Excavación y relleno	m <sup>3</sup>	\$ 240.0	27.00	6,480.00	5.63	1,350.00	5.63	1,350.00
Concreto	m <sup>3</sup>	\$ 1,300.0	6.20	8,060.00	0.77	994.50	0.77	994.50
Acero refuerzo	kg	\$ 20.0	248.60	4,972.03	22.85	456.96	22.85	456.96
<b>Elementos Especiales</b>								
Rodamientos	pza	\$ 460.0	0.00	0.00	20.00	9,200.00	20.00	9,200.00
Topes plásticos	pza	\$ 90.0	0.00	0.00	20.00	1,800.00	20.00	1,800.00
Rieles	m	\$ 350.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Resortes	pza	\$ 240.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sistema de poleas	pza	\$ 1,400.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Banda	m	\$ 110.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 253,317.0</b>		<b>\$ 170,892.0</b>		<b>\$ 174,140.0</b>	

Tabla 32, Presupuesto de conceptos importantes de 3 modelos. Fuente propia.

Presupuesto de los conceptos más importantes de los anuncios espectaculares								
Concepto	Unidades	Precio U.	Modelo uno (6° + aumento peso en la sección)		Modelo dos		Modelo tres	
			Cantidad	Importe	Cantidad	Importe	Cantidad	Importe
<b>Estructura</b>								
Panel o letrero	kg	\$ 45.0	3,874.00	174,330.00	2,970.00	133,650.00	3,000.00	135,000.00
Pedestal	kg	\$ 35.0	603.10	21,108.50	1,233.10	43,158.50	797.30	27,905.50
<b>Cimentación</b>			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Excavación y relleno	m <sup>3</sup>	\$ 240.0	5.63	1,350.00	10.00	2,400.00	9.72	2,332.80
Concreto	m <sup>3</sup>	\$ 1,300.0	0.77	994.50	1.20	1,563.25	1.22	1,579.50
Acero refuerzo	kg	\$ 20.0	22.85	456.96	96.41	1,928.26	43.03	860.54
<b>Elementos Especiales</b>			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rodamientos	pza	\$ 460.0	20.00	9,200.00	36.00	16,560.00	16.00	7,360.00
Topes plásticos	pza	\$ 90.0	20.00	1,800.00	36.00	3,240.00	16.00	1,440.00
Rieles	m	\$ 350.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Resortes	pza	\$ 240.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sistema de poleas	pza	\$ 1,400.0	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	22,400.00
Banda	m	\$ 110.0	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	110.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 209,240.0</b>		<b>\$ 202,500.0</b>		<b>\$ 198,988.3</b>

Tabla 33, Presupuesto de conceptos importantes de 3 modelos. Fuente propia.

El valor para un anuncio espectacular de diseño común ronda para el finales del año 2013 los \$ 400,000.00, el valor obtenido fue cercano a \$ 253,000.00 debido a que no se consideraron principalmente la otra cara del panel o letrero, pintura, permisos, memorias de cálculo, algunos elementos de la estructura tales como la placa base, tornillería, pintura, instalaciones eléctricas para iluminación en caso de llevarla, montaje, entre otros conceptos; sin embargo si existen diferencias en valores entre cada uno de los modelos, del modelo más económico al modelo común existe una diferencia del 20%. Lo anterior se interpreta mejor con la siguiente tabla:



Gráfica 13, comparación de costos de los modelos. Fuente propia.

## CONCLUSIONES

### CONCLUSIONES SOBRE LOS MODELOS

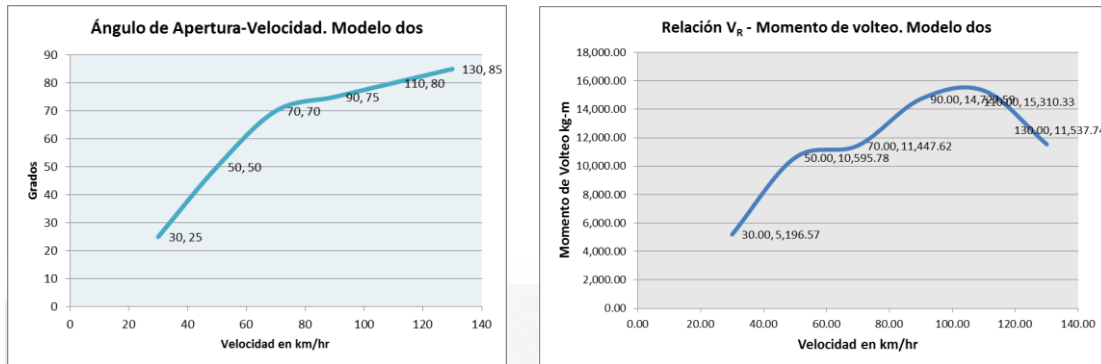
#### a) Modelo uno con sus variantes:

Este modelo el que muestra una respuesta más efectiva y evidente ante la acción del viento, ya que mecánicamente como se encuentra colocado sobre rodamientos los cuales no transmiten fricción, a la acción del viento únicamente se le opondrá la reacción del peso de la sección producida por la inclinación de esta, sin embargo para obtener un trabajo combinado del viento y la sección más lineal en la relación velocidad / ángulo de apertura es necesario que la sección sea más pesada lo que encarecería al panel o aumentar el ángulo de inclinación de las secciones lo que sería también impráctico debido a que para el público se vería una imagen distorsionada. El objetivo de disminuir el momento de volteo fue cumplido inclusive este modelo y sus variantes son las que tuvieron el máximo ahorro en términos de momento de volteo se logró por ejemplo emplear un tubo o pedestal de tan solo 27 cm de diámetro y una zapata de 1.50 m de cada lado; sin embargo por los puntos anteriormente expuestos no es un modelo que así como se presenta en este trabajo sea una opción viable para reducir esfuerzos, este modelo empleando quizá algún sistema de amortiguamiento en la apertura tal como sería un resorte a la torsión poco rígido con un grado máximo de setenta u ochenta grados y elevando el peso de la sección y que estas estuviesen perfectamente plomeadas es decir sin ángulo de inclinación se volvería una opción viable.

#### b) Modelo dos:

La forma en que fue ideado este modelo permitía desde un inicio suponer que indiscutiblemente sería permeable, algunas lonas o telas con publicidad simples e informales tienen perforaciones que en cierta forma realizan la misma función que en este modelo, el paso del aire; el análisis dejó claro que el modelo en la teoría funciona, debido a que el momento de volteo se disminuyó considerablemente hasta un valor máximo de 22,000 kg-m, es decir se tuvo una disminución en relación al modelo común del 80%; sin embargo esta disminución no mantuvo la misma proporcionalidad con relación al costo de realización en donde solo se obtuvo una mejoría del 20% menos respecto del común. Mecánicamente hablando este es el único modelo que garantiza el regreso a su posición original de cada sección por la manera en que trabaja, sin embargo la este modelo supone superponer sobre el marco y cada una de las secciones la publicidad adhiriéndola, así como realizar cortes a esta en cada sección lo que por el ahorro estimado puede no llegar a ser conveniente. Sin embargo si dicho modelo fuese modificado en el peso de la sección, emplear perfiles más pequeños así como una lámina más delgada para disminuir su peso significaría que se

volvería permeable a una menor velocidad regional del viento lo que sería traducido en un menor momento de volteo.



Gráficas 14 Y 15, cambio de características del modelo dos. Fuente propia.

Las gráficas anteriores muestran una considerable mejoría, sin embargo con estos nuevos valores al realizar un análisis del pedestal y de la cimentación resultarían valores muy semejantes lo que significaría que tendría caso realizar dicho cambio, además de que al disminuir considerablemente el grueso y tamaño de los perfiles empleados en cada sección así como la lámina de la misma se tendrían problemas de torsión y alabeo de las mismas lo que distorsionaría la imagen.

c) Modelo tres:

En este modelo se hicieron algunas omisiones principalmente la del sistema de banda y polea debido a que su única función es la de sincronizar el mismo giro para todas las secciones sin embargo la colocación de un sistema de poleas y bandas a la intemperie pudieran generar problemas de mantenimiento y esto a su vez problemas de funcionamiento; esto no significa que se descarta o se desacredita el modelo, además en teoría funciona tal cual lo planeado es un panel permeable y muestra una segunda cara de publicidad, sin embargo estos de talles de fabricación y mantenimiento lo vuelven poco deseable en uso. Lo importante y de resaltar es que con un análisis más profundo y detallado de mecanismos de apertura y sincronía únicamente bajo una fuerza mecánica si es posible desarrollar un anuncio espectacular (hasta menos robusto quizá) el cual cumpla con ambas funciones, permeabilidad para menor momento de volteo y cambio de cara publicitaria.

GENERALES SOBRE ANUNCIOS ESPECTACULARES

a) Quizá en Aguascalientes no sea tan viable la construcción de estos modelos porque no se han registrado en los últimos años velocidades considerablemente altas de viento, pero por ejemplo en un estado con velocidades de Viento Regional superiores tendrán un mejor desempeño, tales

como Veracruz, Soto La Marina Tamaulipas o Ciudad Acuña Coahuila donde se han registrado velocidades del viento de 190, 187 y 195 km/h respectivamente, este tipo modelos tendría un mejor aprovechamiento. De este mismo modo estos modelos construidos y colocados a una mayor altura tendrán un mejor desempeño y el ahorro será más consistente.

b) No fue posible a partir del seccionamiento del panel obtener un panel que trabajara en relación a la velocidad del viento y la apertura en grados de giro de la sección de manera lineal, es decir a poca velocidad poca apertura y conforme aumenta la Velocidad Regional.

c) No fue ni será posible probar si efectivamente este tipo de modelos de letreros o paneles de anuncios espectaculares funcionan hasta que no sean construidos o desarrollados debido a que existen muchas otras variables las cuales son difíciles de estudiar y de otorgarles un valor por lo que en el presente no fueron incluidas tales como el regreso de la sección o dovela a su posición original y el efecto que tenga esta al golpear al marco que la contiene; otra variable considerable es el corte del material adherible al panel en donde se encuentra impresa la publicidad aunque no tiene interferencia con el funcionamiento mecánica de los mismos si lo tiene en el proceso de la instalación del elemento; sin embargo en bajos las premisas con las que se hizo el análisis de los modelos se encontró que en la teoría si funcionan con la principal demostración que fue el de disminuir el momento de volteo.

e) De manera general el objetivo principal fue cumplido la disminución del momento de volteo sin que afecte el área de exposición de la publicidad; con ciertas más adecuaciones y considerando todas las variables en un estudio más detallado pueden lograrse paneles permeables con una o dos caras de publicidad los cuales sean sostenidos por pedestales o tubos de menor envergadura y sobre cimentaciones de dimensiones menores a las comúnmente empleadas.

## BILIOGRAFÍA

- Balam, J. C. (2004). La peligrosidad de anuncios espectaculares ante viento huracano. *Ingeniería*, 47-57.
- Comisión Federal de Electricidad. (2008). *Manual de Obras Civiles Diseño por Viento*. México D.F.: Instituto de Investigaciones Eléctricas.
- Cuevas, G. (2011). *Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado*. México D.F.: Limusa.
- Gobierno del Distrito Federal. (2004). *Normas Técnicas Complementarias para diseño por Viento*. México D.F.: Gaceta oficial del Distrito Federal.
- Huang, T. (1982). *Mecánica para ingenieros Estática*. México D.F.: Representación y servicios de ingeniería, S. A.,
- Mendoza Otero, E., & Zermeño , M. E. (2008). *Efectos de Viento en Estructuras*. Aguascalientes.: UAA.