

Determinación de la Carga por Viento Extremo en Naves con Cubiertas a Dos Aguas.
Determination of Charge by Far wind Ships with pitched roofs.

Ing. Alejandro Gómez Terciado

Ingeniero Civil

Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Facultad de Ingenierías. Departamento de Construcciones. Matanzas. Cuba



Lic. Ing. Pedro A. Hernández Delgado

Director Técnico y Desarrollo

Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería. EMPAI. Matanzas. Cuba

Profesor Instructor de la Carrera de Ingeniería Civil de la UMCC. Cuba

Telf: (45) 291802, Ext. 210 Email: Pedro-Hernandez@empai.co.cu

Recibido: 12-09-14

Aceptado: 28-10-14

Resumen:

Las Naves Industriales son edificaciones que permiten no solo el almacenamiento de víveres sino también son utilizadas para centros de elaboración, túneles de lavado, oficinas, centros comerciales etc., los cuales permiten la satisfacción del hombre en varias esferas de la sociedad.

Actualmente en Cuba se ha llegado a implementar una gran cantidad de estos inmuebles, lo cual nos crea un mayor interés en su cuidado y mantención. Estas edificaciones, por la ubicación geográfica de nuestro país son azotadas esencialmente por tormentas tropicales y huracanes que afectan fundamentalmente a la cubierta y las fachadas.

Con este trabajo se propone un proceso de cálculo el cual está dirigido principalmente a estas dolencias, para lograr un diseño más confiable y seguro, presentando un estudio de riesgo más allegado a la realidad.

Palabras clave: Carga por viento, Naves industriales, Cubiertas a dos aguas

Abstract:

The Industrial Storehouses are buildings that not only allow the storage of goods but which are also used as factories, laundromats, offices, commercial centers, etc., and offer satisfaction to men in different spheres of life.

Nowadays, a great amount of this kind of buildings has been constructed, so there is an increasing interest on the matter. These constructions, due to the geographical situation of our country, are frequently lashed by tropical storms and hurricanes that mainly affect the coverings and facades.

In the present research paper a calculus process is proposed, mainly directed to prevent those consequences through the achievement of a more reliable and steady design of those buildings. A more precise, and closer to the reality, risk study is also presented.

Keywords: Wind load, Warehouses, Gable Covers

Introducción:

Por la situación geográfica de nuestro país es muy importante tener en cuenta y estar conscientes del hecho de que se encuentra dentro de la trayectoria habitual de los huracanes en el Caribe. La destrucción causada por los huracanes en el Caribe y Centro América es una fuerza que ha modificado la historia y que lo seguirá haciendo en el futuro de la región.

El peligro nace de una combinación de factores que caracterizan a las tormentas ciclónicas tropicales: elevación del nivel del mar, vientos violentos, y fuerte precipitación. Dichos huracanes pueden provocar severos daños y afectaciones en las estructuras entre las cuales se encuentran: deformabilidad excesiva, pérdida de estabilidad, rotura de elementos estructurales, voladura de cubiertas, entre otros. En nuestro país carecemos de una Norma actualizada con respecto a este tema producto de que la Norma vigente en Cuba es del año 2003 por lo que para complementar esta deficiencia se ha apoyado en la Norma ASCE 7-10.

Una Nave Industrial es un edificio de uso industrial que alberga la producción y/o almacena los bienes industriales, junto con los obreros, las máquinas que los generan, el transporte interno, la salida y entrada de mercancías, etcétera.

Los requerimientos y tipos de construcción que debe poseer la nave varían en función de las innumerables actividades económicas que se pueden desarrollar en su interior, lo que ha conducido al desarrollo de un gran número de soluciones constructivas.

En un principio las Naves Industriales fueron construidas utilizándose estructuras y materiales como vigas y cerchas de madera sobre muros de carga. El uso de vigas de madera, limitaba la distancia de separación de los puntos de apoyo a 12 metros como máximo. Los muros de carga se levantaban con ladrillos o mampostería, sufriendo a veces modificaciones como la inclusión de pilastras que fortalecían la estabilidad lateral del muro.

Las soluciones arquitectónicas tradicionales no podían satisfacer las crecientes necesidades de la incipiente industria: diafanidad, grandes espacios productivos, mayor iluminación, funcionalidad, etc. Es por eso que surge la arquitectura industrial aportando nuevos tipos estructurales, utilizando los avances en siderurgia y los nuevos aportes del Hormigón Armado por los cuales nuestro país aboga actualmente.

Las Naves Industriales desarrolladas con los sistemas de Hormigón Armado y Perfiles Metálicos pueden presentar dos tipos de cubiertas:

- **Ligera** (Asbesto Cemento, Cinc).
- **Pesada** (Losas de Hormigón Pretensadas tipo Spiroll)

La experiencia de estos dos sistemas constructivos en general y sus sistemas estructurales, son resistentes, teniendo como punto de mayor vulnerabilidad la cubierta y los elementos que la conforman.

Concepto de Riesgo.

El riesgo concluye los aspectos más importantes del estudio para situaciones de desastres, siendo el proceso mediante el cual sus resultados se someten a juicio "lógico, socio-político y práctico" por lo que se requiere se realice de conjunto con las autoridades del territorio: Gobierno y Órgano de Defensa Civil, así como otros directivos de entidades involucradas.

La evaluación del riesgo implica la satisfacción de los principales intereses de las partes dentro de los conceptos de protección y reducción de desastres al quedar identificadas las principales pérdidas que se pueden producir:

- A causa de qué peligros probables y con qué frecuencia.
- En qué elementos, sectores económicos o sociales y zonas vulnerables actuales o perspectivas.
- Con qué costos para el territorio.

El Riesgo como concepto no es más que el resultado de la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de un peligro definido (problema, fallo, accidente, catástrofe natural, fraude, error humano, etc.) y de la severidad o magnitud de las consecuencias de este hecho indeseable en caso de que ocurra.

El resultado de los estudios de riesgo de desastres, incluye el balance valorativo de los riesgos analizados en relación con los beneficios potenciales (no tener pérdidas tangibles y no tangibles), así como el juicio científico frente a otros factores y criterios, de modo que resulta una comparación entre el riesgo analizado y los criterios de aceptación del mismo.

Es el grado de pérdidas esperadas económicas, sociales o ambientales, debido a la ocurrencia de un evento particular y como una función del Peligro y la Vulnerabilidad.

- En un sitio particular dado.
- Durante un tiempo de exposición determinado.
- Por un evento de una magnitud determinada.

Evaluar los riesgos significa:

Estudiar los riesgos de la actividad social, de la vida de la población, de producción o de prestación de servicios, por fallas de los procesos tecnológicos, a causa de situaciones de desastres.

Estudiar las causas que puedan afectar el mantenimiento de la calidad y la eficiencia de la producción o los servicios que traiga como resultado pérdidas a la empresa.

El conocimiento del Riesgo de Desastres desde la etapa de concepción del proyecto tiene una incidencia directa en:

La reducción de los riesgos durante el proyecto mismo lo cual está caracterizado por:

- Plazos
- Costo
- Calidad
- La reducción de los riesgos de la inversión posterior a la puesta en marcha.
- Durante su vida útil que se garantiza a partir de la calidad del proyecto.

¿Cómo evaluar el Riesgo?

El concepto de riesgo tiene dos elementos, la probabilidad de que algo suceda y las consecuencias en caso de que suceda. El nivel de riesgo relaciona la frecuencia o probabilidad de que ocurra un hecho y las consecuencias potenciales (el impacto o magnitud del efecto) que generaría el hecho en caso de ocurrir. En la medida que la frecuencia o el impacto aumenten, aumentará el nivel de riesgo, y viceversa. El nivel de riesgo está influenciado por cualquier control, o acción, actualmente implementada para minimizar la probabilidad de ocurrencia o sus consecuencias.

Un desastre, se puede definir en su forma más simple como el resultado de un impacto provocado por una amenaza sobre una población y sus propiedades. Los desastres combinan los eventos extremos con la vulnerabilidad, la percepción inapropiada del riesgo y las bajas capacidades para protegerse.

Al referirnos a la noción de riesgo de desastre, nos referimos a un uso particular de la noción o concepto más genérico de riesgo. Por riesgo en general entendemos la existencia de una condición objetiva latente que:

- Presagia o anuncia probables daños y pérdidas futuras.
- Anuncia la posibilidad de la ocurrencia de un evento.

Por lo que se deduce que el riesgo como probabilidad se puede definir como:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Una vez que se han identificado los efectos potenciales de los riesgos deberán establecerse las prioridades para su tratamiento y control. Los dos elementos fundamentales para evaluar un riesgo son su frecuencia de ocurrencia y la severidad de las consecuencias. Es poco probable que las empresas cuenten con información numérica fiable de la probabilidad de ocurrencia de los eventos adversos y de sus consecuencias en términos financieros, puesto que en muchos casos nunca se han experimentado esos riesgos y en otros no es posible reflejar adecuadamente el costo de las pérdidas en los activos menos tangibles, tales como afectación en las relaciones con los clientes, daño a la imagen de la empresa, vulnerabilidad legal, etc.

Una vía para resolver estos problemas al analizar los riesgos es hacer un análisis cualitativo de la frecuencia de ocurrencia y la severidad. En la práctica, las técnicas de evaluación cuantitativas se utilizan fundamentalmente en aquellas funciones donde existe mucha experiencia cuantificada que permite valorar la probabilidad de ocurrencia, consecuencias y el nivel tolerable de riesgos tales como la seguridad ocupacional y la prevención de accidentes.

Análisis Cualitativos:

Evaluación subjetiva por expertos. Se asignan rangos de intensidad, para establecer criterios de amenaza por criterios subjetivos, dados por la experiencia y la experticia, métodos de indicadores relativos, análisis difusos, redes neuronales.

Análisis Cuantitativos:

Cuantificación de las variables mediante estimaciones físicas o modelaciones matemáticas. Evaluación en términos de intensidad y probabilidad de ocurrencia mediante la aplicación de métodos de la teoría de confiabilidad, sistemas estadísticos y simulación.

Tiempo o periodo de recurrencia, probabilidad y riesgo.

Un período de recurrencia de 20 años significa que en 100 años se alcanzara o sobrepasara como promedio cinco veces el valor de la presión calculada q , o lo que es lo mismo, la probabilidad de alcanzar o sobrepasar en un año este valor de q es $5/100 = 0,05$. De esta forma podemos relacionar período de recurrencia y probabilidad para un año por la expresión:

$$T = \frac{1}{p} \quad (1.1)$$

Este resultado no significa que la probabilidad de alcanzar o sobrepasar el valor de q , en los próximos 20 años, sea del 100%.

La probabilidad de que el suceso con período de recurrencia de 25 años, suceda al menos una vez, en los próximos 25 años, es realmente del 64,7%. Veamos por qué:

La probabilidad de que un suceso con tiempo de recurrencia T

Si se produzca el próximo año..... $1/T$

NO se produzca el próximo año (*)..... $1-(1/T)$

NO se produzca los próximos dos años (**)..... $[1-(1/T)]. [1-(1/T)]$

NO se produzca la próxima n años..... $[1-(1/T)]^n$

SI se produzca los próximos n años (*)..... $1-[1-(1/T)]^n$

En el diseño de construcciones, la expresión: $R_{T,n} = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$ (1.2)

Es el riesgo de ocurrencia (R), es decir: la probabilidad de que SI se produzca alguna vez un suceso de período de retorno T a lo largo de un período de n años. Este período de tiempo (n) se puede hacer corresponder con el período de vida útil de la estructura.

Tabla 1.1 Frecuencia y Retorno de los Huracanes que han afectado a la provincia de Matanzas

TABLA PROBABILISTICA DE LA FRECUENCIA Y EL RETORNO DE LOS HURACANES QUE HAN AFECTADO A LA PROVINCIA DE MATANZAS EN APROXIMADAMENTE EN 100 AÑOS					
Frecuencia de huracanes	5	9	7	2	0
Frecuencia acumulada de vientos huracanados	23	18	9	2	0
Periodo de retorno	4	6	11	50	-

Fuente Ing. Pedro Hernández Delgado

De acuerdo con el estudio realizado por el instituto de meteorología de la provincia de Matanzas ha estado afectada por vientos huracanados en unas 23 ocasiones en unos 150 años, pudiéndose observar en la siguiente tabla su distribución por categoría y su período de retorno correspondiente:

El período de retorno estimado aproximadamente por esta tabla es el siguiente:

- Cada 6 años la provincia puede estar afectada por vientos huracanados de categoría I (entre 118 y km/h);
- Cada 8 años por vientos de categoría hasta II;
- Cada 11 años por vientos de hasta categoría III
- Cada 50 años por vientos de categoría IV.

Es preciso destacar que en la provincia no se han registrado vientos huracanados de categoría V.

Peligro de los vientos extremos.

Los desastres naturales representan una amenaza latente sobre nuestros pueblos, dado que es imposible detectar con exactitud la fecha en que muchos de ellos nos afectarían, la tendencia del mundo actual es estar preparado y reducir los daños con programas de prevención y mitigación de desastres sustentados científicamente en estudios de riesgos cada vez más detallados, los cuales vienen tomando cada día más importancia en nuestro país y el mundo en general.

Por la situación geográfica de nuestro país es muy importante tener en cuenta y estar conscientes del hecho de que se encuentra dentro de la trayectoria habitual de los huracanes en el Caribe.

La destrucción causada por los huracanes en el Caribe y Centro América es una fuerza que ha modificado la historia y que lo seguirá haciendo en el futuro de la región; el peligro nace de una combinación de factores que caracterizan a las tormentas ciclónicas tropicales: elevación del

nivel del mar, vientos violentos, y fuerte precipitación. Dichos huracanes pueden provocar severos daños y afectaciones en las estructuras de las cuales entre ellas se encuentran: deformabilidad excesiva, pérdida de estabilidad, rotura de elementos estructurales, voladura de cubiertas, entre otros.

Los ciclones tropicales se han identificados como los eventos que mayor peligro representan para El Gran Caribe, dados los dañinos elementos que tienen asociados (mareas de tormenta, intensas lluvias y fuertes vientos). Cuba ha sido azotada durante los últimos 205 años por unos 109 ciclones tropicales, entre ellos 10 grandes huracanes.

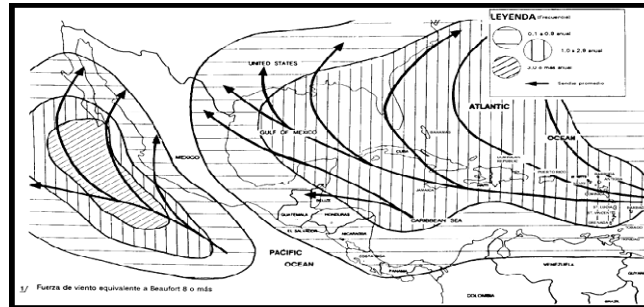


Figura 1.1 Mapa de la trayectoria de los Huracanes en el Caribe.
Fuente: Hernández & Blanco, 2013

Características de los huracanes.

Un huracán es un sistema meteorológico tropical que ha alcanzado vientos de más 118 km/h. Los vientos huracanados giran en espiral alrededor de un centro relativamente calmado, conocido como el “ojo” o vórtice. Los daños que provocan estos fenómenos de la naturaleza son producidos por los intensos vientos que los conforman, las intensas lluvias que provocan inundaciones y las olas que se originan en el mar, dañando las zonas costeras.

La velocidad del viento determinada en 1 minuto, es decir viento sostenido, es la que utilizan los meteorólogos cubanos en sus informaciones y es en la que inicialmente se utilizó en la definición de la escala Saffir – Simpson para la clasificación de los huracanes. También es la que se emplea en la NC 285 2003, más recientemente esta escala se ha ampliado para incluir la velocidad pico de 3 segundos empleada actualmente por los meteorólogos de los Estados Unidos y en las últimas versiones de ASCE 7, desde 1995 y de la ISO 4354:2009

Tabla 1.2 Escala Saffir-Simpson

Escala Saffir Simpson en kmh		
Categoría Saffir Simpson	Viento sostenido 1-min	Rafaga 3-s
I	118 - 154	131 - 173
II	154 - 177	174 - 209
III	178 - 208	210 - 250
IV	209 - 250	251 - 306
V	> 250	> 306

Fuente: Escala Saffir-Simpson

Los ingenieros, que calculan estructuras, trabajan con fuerzas, por lo que se hace necesario transformar la velocidad del viento en presiones que originen las fuerzas con las que el viento actúa sobre las estructuras.

La expresión que correlaciona la velocidad del viento en m/s con la presión por él originada es la siguiente, en KN/m² según la norma cubana NC 285:2003, es:

$$q_{10} = \frac{V_{10}^2}{1,6 * 10^8} \left[\frac{kN}{m^2} \right] \quad (1.3)$$

q_{10} : presión básica característica del viento correspondiente a velocidades del aire en terrenos llanos y abiertos a una altura de 10 m sobre el terreno, (kN/m²).

V_{10} : velocidad característica del viento para un período básico de recurrencia y a una altura de 10 m sobre el terreno, (m/s).

1600: factor empírico por lo que:

$$q = FS \times 1.65 \times C_r \times C_f = 1.4 \times 1.65 \times 1.22 \times C_f = 2.8 \times C_f \text{ kn/m}^2 \quad (v=241.0 \text{ km/h})$$

Este valor se corresponde con una velocidad del viento de diseño $v_d=241.0$ km/h. Esta velocidad es única lo cual no permite establecer una correlación entre con las diferentes velocidades del viento ni con la escala Saffir – Simpson.

Tabla 1.3 Presión de viento para la escala Saffir-Simpson.

Presione de viento para la Escala Saffir-Simpson en t/m2				
Cat Saffir-Simpson	Viento sostenido 1 min		Ráfaga 3-seg	
I	0,068	0,114	0,083	0,144
II	0,114	0,151	0,147	0,211
III	0,152	0,209	0,212	0,3
IV	0,211	0,301	0,304	0,45
V	>	0,301	>	0,45

Fuente : Ing. Pedro Hernández Delgado

Norma Cubana y Evolución.

El proceso de diseño de las estructuras en general, en Cuba y el Caribe, necesariamente transitan entre otros aspectos por la determinación de las cargas horizontales que actúan en ellas y que se producen fundamentalmente por un fenómeno bien conocido por los ingenieros estructurales: Los vientos extremos de los eventos meteorológicos. Y es ahí que en ese estado de análisis se comenzaron a cuestionar los resultados, empezando por la norma de carga viento, actualmente vigente, tal es el caso de la NC 285:2003 “Cargas de viento. Método de Cálculo” lo que ha traído no pocos análisis, ni pocas discusiones técnicas relacionadas con el tema en el gremio, la Unión de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba (UNAICC).

El material que se utilizó fue la norma cubana NC 285: 2003 “Carga de Viento. Método de Cálculo” de la cual se hace un análisis crítico de sus posibilidades de cubrir velocidades vientos extremos, dígame categorías de velocidades de viento IV y V, de la escala Saffir-Simpson, de referencia en la cuenca de Gran Caribe. Para ello se tomaron los valores de los coeficientes que presenta la NC285: 2003, entre cero y diez metros de altura, sobre el nivel del terreno en que se enclavan las edificaciones, considerando como representativa de las alturas más comunes edificadas en Cuba. El método que se utilizó, fue el de “análisis y síntesis”, el que permite a lo largo del todo el proceso de elaboración del trabajo, establecer todos los elementos que componen la misma.

Evolución de la Norma Cubana.

Teniendo en cuenta las múltiples dudas y preguntas que han surgido, entre ellas, la pertinencia de nuestra norma ante la posibilidad de fallo estructural por vientos extremos de las estructuras, se plasmara un recorrido por la Norma actual y sus antecedentes, por lo que a

continuación se hará un análisis histórico de la norma actual y finalmente una comparación de los valores de velocidades de viento que cubre, comparándolos con los valores establecidos por la escala internacional Saffir- Simpson, para la medición de los ciclones tropicales, como generadores de vientos extremos.

Lógicamente, estos valores de velocidades de vientos extremos, se traducen en carga de viento, la que internacionalmente se mide a 10 metros de altura sobre el nivel de la superficie del suelo, evitando los obstáculos pequeños y la fricción con el terreno en que se asienta la estructura.

No se detendrá el trabajo en el origen de la expresión, sólo se dirá, que se obtiene del término dinámico de la ecuación de los fluidos de Bernoulli teniendo en cuenta la densidad del aire, reconocida por ISO 4354-1997E.

Síntesis Histórica.

Las normas de carga de viento cubanas, tuvieron sus primeras versiones, con las antiguas, Normas y Reglamentos de la Construcción (NYRCO), según Blanco (2012) cuya versión inicial para el viento fue la NYRCO 11-035 del año 1973. Esta norma recogió lo mejor de los elementos de las normas DIN alemanas, estudios realizados, por la compañía Norteamérica ESSO; para la construcción de refinerías en el área del Caribe y de normas de la antigua Checoslovaquia, Polacas, Inglesas y de antigua URSS, de la época.

En 1978, sale por primera vez como Norma Cubana (NC), esta fue la NC 053-041 y estableció para la carga de viento un valor de 1.75 kN/m^2 para toda Cuba, excepto la zona oriental de país, cuyo valor de presión base fue de 1.50 kN/m^2 . Entre los coeficientes que esa norma aplicó, están los coeficientes de sitio (Bs), de altura (Ch) y de forma (Cf) y se establecen reducciones de la carga unitaria a partir de la protección que pudieran tener las edificaciones y por grandes superficies expuestas al viento, siendo igualmente novedoso el gráfico que establece la reducción de la carga en esta norma. [Blanco, 2012]

Posteriormente surgió la NC 53-41 del año 1983; norma que reduce los valores de presión básica del viento, dividiendo el país por primera vez en tres grandes zonas, dado que los estudios venían demostrando que la influencia de los vientos no eran tan uniformes en el centro y occidente de país, lo que originó que se estableciera en valor de 1.50 kN/m^2 para el occidente del país; 1.30 kN/m^2 para la zona central y de 1.20 kN/m^2 para el oriente cubano.

En esta norma se introducen por primera vez los coeficientes de recurrencia (Ct) y de ráfaga (Cr), se mantienen los coeficientes de sitio (Cs), de altura (Ch) y de forma (Cf), siendo más consecuente como norma, aunque mantiene una distribución trapezoidal en el gráfico de distribución de presiones desde las alturas de nivel de terreno, o sea, cota cero y diez metros de altura, como mismo lo planteaba su antecesora. Igualmente se considera la reducción de carga por la protección entre las edificaciones y las grandes áreas expuestas a la acción del viento.

Posteriormente en el año 1990, esta norma se actualiza, emitiéndose la nueva NC 53-41, la cual vuelve a reducir los valores de carga básica de viento manteniendo las tres regiones establecidas por su antecesora del 1983; en este caso para la región occidental de Cuba, el valor es de 1.30 kN/m^2 ; para la región central es de 1.10 kN/m^2 y para la región oriental, el valor establecido es de 0.9 kN/m^2 .

En el caso de los coeficientes, se mantienen los ya establecidos de recurrencia (Cr), el de sitio (Cs), el de altura (Ch), el de ráfaga (Cr) y de forma (Cf); introduciéndose como coeficiente de la expresión de cálculo, el de reducción por área expuesta (Cra), que había estado siendo considerado desde 1978, pero no considerado como un coeficiente, como tal.

En esta norma, resultó novedosa que por primera vez el coeficiente de altura de 0 a 10 metros de altura, deja de ser una distribución trapezoidal, para convertirse en un diagrama lineal y a partir de los diez metros de altura hasta los 300 m de altura, un diagrama parabólico cambiando el exponente utilizado en las anteriores a partir de los diez metros de un valor de 0.286 a un valor de 0.32, hasta los 300 metros para los terrenos abiertos; de 0.44 para los

terrenos cubiertos por obstáculos que no superen los 10 metros de altura y de 0.66 para los centros de las grandes ciudades; aumentando el valor del coeficiente en particular, y el valor de la carga básica en general. También es novedoso que aparece por primera vez, que el coeficiente de altura presente tres valores, por los igualmente tipos de terrenos, acorde con las investigaciones que se desarrollaron en esos momentos.

Finalmente en el 2003 se emite la actualización última que ha tenido la NC de viento, con la NC 285:2003, vigente en la actualidad y donde se mantiene constantes los valores de la carga básica y de igual forma los coeficientes que acompañan a la carga básica de viento para obtener la carga unitaria por área expuesta al viento. [Blanco, 2012]

NC 285-2003

Desde el año 2001 con el desastre ocurrido en noviembre de ese año, con el paso a través de la parte sur-central de la provincia de Matanzas y la parte norte-occidental de Villa Clara, del huracán Michelle, el cual penetró por la parte sur del territorio de la provincia de Matanzas con vientos de 210 km/h, ubicándose dentro de la categoría cuatro en la escala Saffir-Simpson, se vio la necesidad de analizar todo el proceso, entre ellos la norma. (Carga de Viento. Método de Cálculo, 2003)

Entre los cuestionamientos que la NC 285:2003 ha tenido, es que si los valores de carga unitaria por viento para el cálculo estructural llegan a tener en consideración la ocurrencia de velocidades de viento que abarquen la posibilidad de eventos de las categorías IV y V de la Saffir-Simpson, lo que implica valores de velocidades de vientos entre 210 a 250 para la categoría IV y superiores para la categoría V.

A partir de esta lícita duda, sobre todo de los que conocen la norma y operar con ella, se ha elaborado un análisis, considerando todas las posibilidades que ella ofrece, en los diferentes valores de altura, el análisis se hace desde una cota cero, o sea a nivel de terreno en la edificación, hasta una cota de diez metros de altura, cota promedio que alcanzan las edificaciones más altas que normalmente se construyen en el país y que satisface el análisis de la norma.

La carga básica (q_{10}) establecida por la norma es de 1.3 kN/m^2 , para el occidente del país, que es la que tiene mayor presión básica, por la frecuencia y probabilidad del paso de los eventos hidrometeorológicos por su territorio, y esta presión establecida como se ha visto desde la norma del año 1990, es afectada por los coeficientes establecidos en la norma, siendo estos:

Coeficiente de recurrencia (Ct): que afecta la presión unitaria para 100, 50, 25, 10 y 5 años de período de recurrencia, establecido en las normas internacionales y de diferentes países, en total 26, que el autor haya revisado, tanto de la región del Gran Caribe, como de otras regiones; como ejemplo lo incluyen, la norma ASCE/SEI 7-05, el Eurocódigo, la norma Cirsoc de Argentina, y las del Japón y Australia.

El Coeficiente de topografía o sitio (Cs): mantiene su condición de diferenciar el sitio expuesto, del sitio normal, y se mantiene el criterio establecido desde 1990 para este tipo de terrenos, encontrándose en cayos, penínsulas estrechas, valles intra-montaña donde en viento se canaliza, cimas promontorios, etc.

Para establecer el **Coeficiente de altura (Ch):** se estableció desde los años 90, la categorización del terreno en tres tipos; el abierto (tipo A); el cubierto de obstáculos (tipo B) y los centros de grandes ciudades (tipo C). Con los estudios realizados por distintas instituciones y profesores de la universidad de Matanzas se ha llegado a la conclusión de que Cuba presenta solamente 2 tipos de terrenos por su condición insular. El abierto tipo A y el cubierto de obstáculos tipo B; de existir alguna zona que pueda ser considerada del tipo C (centros de grandes ciudades con al menos el 50% de las edificaciones con alturas superiores a 22 m); ésta, es tan poco representativa, que cae en la categoría de excepción.

Coeficiente de altura (Ch): establecidos los tipos de terrenos, este coeficiente considera los efectos del viento en las diferentes alturas, estableciendo el gradiente que le corresponde a los

misimos. La norma también considera las aceleraciones que se presenta tanto a barlovento, como a sotavento, en acantilados, crestas y colinas, bidimensionales y tridimensionales.

Coefficiente de ráfaga (Cr): Tiene su origen en la naturaleza fluctuante del viento como fluido y dentro del régimen turbulento que se origina con las grandes velocidades de viento se justifica mucho más, es por ello que se considera en este coeficiente, el que igualmente se plantea en la norma para los tres tipos de terrenos, antes analizados.

Coefficiente de reducción por área expuesta (Cra): Establecido desde las primeras normas, se ha ido actualizando y por lo tanto evolucionando en el tiempo, al ritmo que lo han realizado las normas de referencia internacionales.

Coefficiente de forma (Cf): Este coeficiente tiene en cuenta la forma de las estructuras, las cubiertas y la relación ancho-altura de las mismas. [Carga de Viento. Método de Cálculo, 2003]

Queda establecida así, la ecuación de la carga unitaria total actuante por metros cuadrado de pantalla expuesta al viento, para un análisis por el método estático de la estructura.

$$q = q_{10} \cdot c_t \cdot c_s \cdot c_h \cdot c_r \cdot c_f \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (1.4)$$

Pero en el año 2006 se implantó por el subcomité de normalización de cálculo estructural, la norma NC 450:2006 “Edificaciones—Factores de carga y Ponderación—Combinaciones”, la cual factoriza (mayora) la carga de viento obtenida por la NC 285:2033 “Carga de Viento Método de Cálculo” en un 40%, lo cual incrementa la carga que la norma de viento establece cuando se opera con ella. [Carga de Viento. Método de Cálculo, 2003]

Valoración de la Vulnerabilidad en las edificaciones.

Es el proceso mediante el cual se determina el grado de pérdidas o daños que podrían resultar de los efectos de los eventos naturales de una determinada categoría y en un tiempo determinado incluyendo:

- daños materiales,
- daños a personas,
- interrupción de las actividades económicas
- normal funcionamiento de la sociedad.

El Estudio de la Vulnerabilidad abarca:

- Vulnerabilidad Estructural
- Vulnerabilidad No Estructural y
- Vulnerabilidad Funcional

Analizándose los elementos desfavorables del diseño a la escala urbana y/o arquitectónica. [Departamento de Protección, 2005]

Caso de Huracanes

Las afectaciones se producen localizadas donde actúan los efectos de los vientos y de las lluvias que los acompañan y generalmente afectan aquellos elementos que tienen contacto con el exterior, sin contar que puede darse el caso que los efectos pasen a los interiores de las obras por fallo de algunas de las protecciones externas, presurizando la edificación en el caso viento.

Algunos elementos no estructurales, tales como puertas y ventanas exteriores, se deben diseñar de manera que protejan tanto de los efectos directos del huracán, como para evitar que los objetos lanzados por el viento perforen la envoltura externa del edificio (esto incluye los muros externos, y el techo), además de evitar que el agua de lluvia asociada al huracán inunde el interior de la obra.

Se recomienda cerrar los grandes espacios abiertos en que el viento que penetre no tenga retorno o forma de circular. Las puertas exteriores deben quedar fijas de manera que las presiones internas no susciten condiciones adversas que ocasionen fallas. Mediante el uso de pernos especiales será posible cerrar las puertas con seguridad durante un huracán.

La experiencia de los efectos de los huracanes ha demostrado que mientras más alto sea el porcentaje de las aberturas en la envoltura externa de un edificio, mayores serán los daños que ocasionen los vientos en ciertos elementos no estructurales, especialmente en las ventanas. [Departamento de Protección, 2005]

Vulnerabilidad estructural.

El estudio de la vulnerabilidad estructural considerará como dato de partida la resistencia de diseño o diagnosticada a la obra nueva o existente, sobre la base de lo cual se revisa para la actuación de cargas de viento, sismos e inundaciones. En el caso de estructuras prefabricadas tradicionales es importante conocer por ejemplo:

- La solución de anclaje de grandes elementos volados.
- Si su resistencia al viento corresponde con la misma resistencia concebida para el resto de la edificación.
Para las construcciones que combinan estructuras de hormigón armado, acero o tradicionales, con tecnologías de cierres ligeros deben revisarse por ejemplo:
- Las soluciones de anclaje.

El techo es la primera línea de defensa de su casa contra una tormenta. Para estar seguro de que el techo se mantendrá en su lugar cuando soplen vientos fuertes, áncelo firmemente a la pared instalando ganchos o grapas de fijación para casos de huracanes en cada unión entre la pared y una viga (o una cercha) a fin de reforzar el techo.

Estas conexiones son de fundamental importancia para mantener unido el techo e incrementarán radicalmente la resistencia general de la estructura en cuestión. Las conexiones deberán ser estudiadas con el mismo rigor del diseño del resto de la estructura, definiendo:

- Diámetro.
- Longitud de embebimiento.
- Calidad del acero.

Para las estructuras ligeras no tradicionales, especialmente madera y metálicas, muy utilizadas en viviendas aisladas:

- Conocer el diseño concebido para las conexiones (causa fundamental de las afectaciones según las estadísticas de pérdidas durante los huracanes).
- Suelo-cimiento; Cimiento-pared.
- Pared-viga de cierre; Viga de cierre-techo.

Cuando se trata de edificaciones en funcionamiento se evalúa la vulnerabilidad para los fuertes vientos:

- El estado de conservación de las estructuras.
- Mantenimiento de las condiciones de diseño del proyecto sobre la base de un diagnóstico del estado actual.
- La influencia que la corrosión ha tenido en el estado de deterioro.
- Capacidad para garantizar las condiciones de seguridad de estos elementos no estructurales concebida en el proyecto.

Para poder actuar sobre la vulnerabilidad es preciso entender que la mayor parte de los procesos que se dan son a través de las acciones que realiza la gente misma al margen de

cualquier norma oficial; a la vez, una proporción creciente de las actividades productivas y económicas se realiza en el llamado sector informal. Por consiguiente la clave para reducir la vulnerabilidad no está tanto en acciones a nivel de gobierno o instituciones profesionales o del sector formal sino más bien a nivel de la población misma y de sus organizaciones. (Niño, 2013)

Vulnerabilidad Funcional.

En este análisis se estudia la influencia de la vulnerabilidad estructural y no estructural en la estabilidad o paralización de la producción y los servicios ante cada tipo de evento de determinada categoría, y se proponen las medidas para su reducción, significando en cuánto se logra reducir en cada caso. [Departamento de Protección, 2005]

En el caso de Peligros de Origen Natural:

Este estudio requiere de imaginar por una parte: el escenario del desastre durante y después de la ocurrencia de cada uno de los eventos probables, analizando aquellas características que facilitan la continuidad de su funcionamiento por la no interrupción de servicios, vías y otras infraestructuras, o determinan la pérdida de vitalidad, todo el territorio o de algunas de sus partes. En otros términos: las probables personas, animales y cultivos afectados, por cada tipo de peligro, las acciones de enfrentamiento, los días que pueden demorar las acciones de respuesta que se requieren, sobre la base de las posibilidades de que se dispone. [Departamento de Protección, 2005]

Como resultado deben apreciarse:

- Posibles víctimas y daños o pérdidas de bienes materiales.
- Forma en que se realizará la atención a la situación de desastre.
- Acciones de evacuación, rescate y salvamento de atrapados en las zonas de afectación y cómo actuarán en estos escenarios las brigadas de salvamento y reparación urgente de averías.

Aseguramiento de las medidas de Defensa Civil, que incluyen socorrismo, servicios médicos, veterinario, fitosanitario, de transporte, de comunicaciones, ingeniero, contra incendios, de regulación del tránsito y orden público, de combustible y de la alimentación:

- Definición como zona de desastre o no, en dependencia de la capacidad de respuesta.

A las apreciaciones anteriores se arribará mediante el análisis de los aspectos siguientes:

- Influencia en la pérdida de capacidad para la producción o la prestación del servicio, el tiempo que puede tomar la etapa recuperativa, el restablecimiento de la vitalidad comunitaria, provocada por las afectaciones propias así como por la falta de los abastecimientos que garantizan las obras de infraestructura.
- Afectación de las personas que se encuentran en zonas de riesgo o las que realizan las medidas de protección durante la puesta en marcha del Plan de Reducción de Desastres.
- Áreas para la atención masiva de evacuados, franjas de seguridad o cinturones verdes. Posibilidad de protección a las provisiones de alimentos y reservas de agua y combustible para la atención a la situación creada por los desastres. [Departamento de Protección, 2005]
- Afectación de la funcionalidad en los asentamientos poblacionales a causa de:
 - Capacidad de respuesta para la protección.
 - Capacidad de respuesta de los centros que cumplen misiones de atención a la emergencia como son puestos de dirección para caso de catástrofes, hospitales, estaciones de bomberos y otros.
 - Afectaciones que puedan producir los objetivos económicos de riesgo de accidente mayor.

Vulnerabilidad No Estructural.

Estudia la afectación de las obras de infraestructura y servicios que constituyen líneas vitales para el funcionamiento del territorio.

Para el caso de los eventos meteorológicos extremos se analiza:

- Vulnerabilidad a los fuertes vientos de las torres del Sistema Electroenergético Nacional y de comunicaciones.
- Afectación de toda la infraestructura y el equipamiento de servicio, especialmente los de salud, sistema de gasificación y comunicaciones, los cuales pueden desactivarse debido a las inundaciones en carreteras y vías de acceso, humedad, cortos circuitos, tormentas eléctricas e incendios.
- Influencia de la impermeabilización del suelo y el estado de las obras de drenaje de las zonas urbanizadas, en el tiempo de retardo de las inundaciones en función de las láminas de lluvia caídas.
- Vulnerabilidad a los fuertes vientos de las torres del Sistema Electroenergético Nacional y de comunicaciones.
- Afectación de toda la infraestructura y el equipamiento de servicio, especialmente los de salud, sistema de gasificación y comunicaciones, los cuales pueden desactivarse debido a las inundaciones en carreteras y vías de acceso, humedad, cortos circuitos, tormentas eléctricas e incendios. [Departamento de Protección, 2005]
- Influencia de la impermeabilización del suelo y el estado de las obras de drenaje de las zonas urbanizadas, en el tiempo de retardo de las inundaciones en función de las láminas de lluvia caídas. [Departamento de Protección, 2005]

Acciones del viento sobre las naves industriales a 2 aguas.

Anteriormente se abordó sobre la acción del viento en las estructuras, la importancia de su análisis en el diseño y las consecuencias que traería la incorrecta utilización de las normas que reflejan el trabajo con este fenómeno, por lo que ahora se trabajará principalmente en la concepción de un nivel de muestra y comparación de las normativas que serán utilizadas en la confección de un proceso de cálculo que nos permita realizar con un alto nivel de confiabilidad un diseño óptimo frente a la acción del viento.

Determinación de las velocidades del viento.

En este acápite se tomará la teoría mostrada en el capítulo anterior y se conjugará con las normativas internacionales para crear un proceso comparativo, en el cual se expondrá las diferentes formas de ver el tratamiento del viento hacia las estructuras. Además se mostrará el riesgo como la velocidad del viento actuante convertido en presión en la NC 285-2003.

NC 285- 2003

En este caso se define como concepto de velocidad de diseño (V_d) para riesgo de viento (V_{rv}) aquella que se corresponde con los diferentes niveles que clasifican la velocidad del viento en correspondencia con las clasificaciones meteorológicas.

A continuación analizaremos comparativamente los criterios de las normativas utilizadas en el Caribe

La norma cubana de viento prescribe la presión básica regional (q_{10}) del viento dividiendo el país en tres regiones, según se observa en el siguiente mapa:

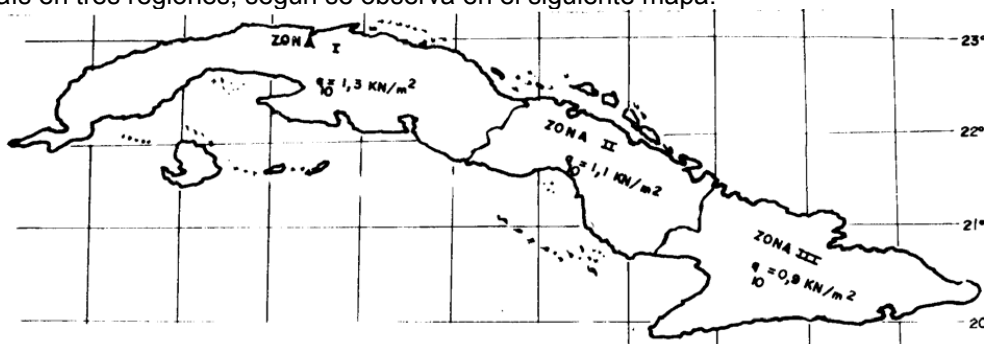


Figura 2.1 Mapa de zonificación de presiones de Cuba.
Fuente: Carga de Viento. Método de Cálculo, 2003

•**Zona I** - Que comprende las provincias: Pinar del Río, La Habana, Ciudad de la Habana, Isla de la Juventud, Matanzas, Villa Clara y Cienfuegos.

$$q = 1,3 \text{ kN/m}^2 \text{ (130 Kgf/m}^2\text{)}$$

•**Zona II** - Que comprende las provincias de Sancti Spiritus, Ciego de Ávila y Camagüey.

$$q = 1,1 \text{ kN/m}^2 \text{ (110 Kgf/m}^2\text{)}$$

•**Zona III** - Que comprende las provincias de Las Tunas, Holguín, Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo.

$$q = 0,9 \text{ kN/m}^2 \text{ (90 Kgf/m}^2\text{)}$$

Para la realización de los estudio de riesgos este valor único de la presión presenta el inconveniente de no presentar una correlación directa con la velocidad del viento dificultando su correspondencia con la escala Saffir –Simpson de intensidad de los huracanes. No obstante lo anterior, mediante la fórmula de la propia norma podemos determinar la velocidad del viento correspondiente a la presión base y que denominaremos velocidad de diseño (V_d): (1.2) [Carga de Viento. Método de Cálculo, 2003]

Dónde:

- q_{10} : presión básica característica del viento correspondiente a velocidades del aire en terrenos llanos y abiertos a una altura de 10 m sobre el terreno, (kN/m^2)
- V_{10} velocidad característica del viento para un período básico de recurrencia y a una altura de 10 m sobre el terreno, (m/s), 1,6 factor empírico

La Velocidad de diseño V_{d0} es la velocidad a partir de la cual se calculan los efectos del viento sobre la estructura o los elementos de la misma.

La velocidad de diseño se obtendrá despejando la ecuación anterior de las presiones

$$V_{d0} = \sqrt[3]{q_{10} \times 1,6 \times 10^8} \quad (2.1)$$

$$V_{d0} = 45,6 \text{ m/s} = 164,2 \text{ km/h}$$

La NC 285-2003 prescribe la presión del viento y la ecuación anterior establece su relación con la velocidad del viento V_{10} . En este caso podemos considerar que la Velocidad de diseño V_d prescrita por esta norma es la que corresponde a la presión base establecida, por lo que:

$$V_d = V_{10} \quad (2.2)$$

Donde V_{10} = Velocidad correspondiente a la presión de diseño

Por lo que para la realización de los estudios de riesgo se hace necesario emplear diferentes velocidades de diseño (V_d) en función de las características de los vientos.

Esta velocidad de diseño se corresponde con un valor intermedio de la categoría II de la escala Saffir –Simpson (Cat II.: 154 – 177). Este resultado nos crea la incertidumbre de que ocurre ante el hecho real de un huracán de intensidad superior a la de diseño.

La norma cubana afecta la presión de base (q_{10}) por un coeficiente de recurrencia (C_t), considerando como base un periodo de recurrencia de 50 años para todas las estructuras permanentes y que además presenten características normales de sensibilidad al viento, importancia económica y duración.

Según la tabla siguiente, para ser utilizado en períodos de recurrencia de 5 a 100 años:

Tabla 2.1 Coeficiente de recurrencia en función de los años

Tiempo de recurrencia en años	Coeficiente de recurrencia
100	1,15
50	1
25	0,9
10	0,75
5	0,7

Para estructuras de menor importancia económica, de menor afectación a la vida y a la propiedad en caso de fallo, o de menor duración probable de la vida útil o funcional, ejemplo edificaciones de carácter provisional, puede tomarse un período de recurrencia menor de 50 años. [Carga de Viento. Método de Cálculo, 2003]

Como explicamos en el capítulo 1, el periodo de recurrencia es el inverso de la probabilidad de excedencia (P_e) anual de un evento. Para los estudios de riesgo lo significativo es la probabilidad de falla (P_f) la cual depende del periodo de ocurrencia y del periodo útil o de vida (P_u) de la obra.

La norma cubana de viento, ni otra de las relacionadas con la determinación de las cargas que actúan sobre la estructura, precisa el tiempo útil o de vida de una obra, lo cual es una dificultad para la realización de los estudios de riesgos.

ISO 4354.

En la normativa internacional consultada para determinar los niveles de velocidad de riesgo para el viento, otro aspecto que se considera es la importancia de la obra y su relación con la probabilidad de falla, factor no considerado en la norma cubana. Este aspecto es considerado por la ISO 4354 del 2009 y la ASCE 7 – 2010.

La norma ISO 4354 del 2009 tiene en cuenta un grupo de factores entre los cuales si se tiene en cuenta una diferenciación entre las categorías de las edificaciones o tipo de estructura adecuándose a su nivel de importancia que queda reflejado en la siguiente tabla. [ISO 4354 Wind action on structures, 2009]

Tabla 2.2 Nivel de importancia de las edificaciones según la ISO 4354 del 2009.

Nivel de Importancia	Tipo de Estructura
1	Edificios o estructura que presenten un bajo grado de peligro para la vida de otra propiedad en caso de fallo.
2	Edificios o estructuras no incluidas en los niveles de importancia 1, 3 y 4.
3	Edificios o estructuras que son diseñadas para un gran número de personas.

4	Edificios o estructuras que son esenciales para la recuperación después de pasado el desastre o asociado con facilidades
---	--

La relación entre el sistema de clasificación de las estructuras, el grado de confiabilidad estructural y los valores de diseño (Vd) para probabilidad de excedencia anual está dada por la siguiente tabla:

Tabla 2.3 Nivel de importancia de la edificación según probabilidad de fallo

Nivel de Importancia	Probabilidad de Fallo $\beta (P_e)$	Valores de diseño para la probabilidad anual de excedencia (P_e)
1	$2,3(10^{-2})$	1:200 (0.005)
2	$3,1(10^{-3})$	1:500 (0.002)
3	$3,7(10^{-4})$	1:1000 (0.001)
4	$4,2(10^{-5})$	1:2000 (0.0005)

En la tabla anterior la probabilidad de excedencia esta escrita en formas de un cociente en el cual el dividendo es el periodo de recurrencia, p. ej., la probabilidad de excedencia anual de 1.200, es decir, $P_e=0.005$ o 0.5%, se corresponde con periodo de retorno de 200 años, siendo la probabilidad de falla de $P_f=0.01$ o 1%.

Es importante destacar la asociación de la velocidad de diseño básica (V_{d0}) con la probabilidad de excedencia anual (P_e) y por lo tanto con los valores de probabilidad de falla (P_f) a diferencia de la norma cubana que fija un valor único de diseño de la presión base (q_{10}) para un periodo de retorno (T) y no precisa a que valor de probabilidad de falla (P_f) está asociado. El coeficiente de recurrencia se puede interpretar así pero el valor de 1,15 no hace que ocurra un incremento significativo. Es significativo que el periodo de retorno mínimo considerado por esta norma es de 200 años, mientras que en la cubana es de 50 años. [ISO 4354 Wind action on structures, 2009]

ASCE-7-10.

La Norma ASCE-7-10 se basa específicamente en una categorización de tipo de edificaciones y su importancia de acuerdo a su categoría de ocupación. En dicha clasificación están presentes un grupo de factores: periodo de retorno (T), vida útil de 50 años (n), probabilidad excedencia anual (P_e) en dependencia de la categorización de la obra como puede observarse en la siguiente tabla. [ASCE 7-10, 2010]

Tabla 2.4 Valores de probabilidad de falla según periodo de retorno y excedencia para 50 años para 4 categorías de la ASCE-7-10.

Categorías	T (ASCE-7)	p_e	p_f	n
I	300	0,0033	15%	50
II	700	0,0014	7%	50
III y IV	1700	0,0006	3%	50

Fuente: ASCE 7-10, 2010

La Categoría 2 es la aplicable para la mayoría de las estructuras y la más utilizada. Con respecto a la ISO presenta una variación en cuanto al periodo de retorno se refiere como puede observarse en la comparación con la siguiente tabla para n=50: [ASCE 7-10, 2010]

Tabla 2.5 Tabla de comparación con la ISO 4354 para 50 años de vida útil de la edificación.

Categorías	T (ISO)	P _e	P _f
I	200	0,005	22%
II	500	0,002	10%
III	1000	0,001	5%
IV	2000	0,0005	2.5%

Tabla tomada de la ASCE 7-10

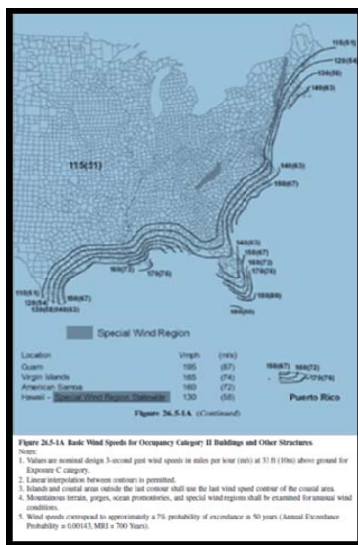


Figura 2.2 Mapa de velocidad básica del viento utilizado por la ASCE-7-10.

La Norma Mexicana.

De acuerdo con su sensibilidad ante los efectos de ráfagas del viento y a su correspondiente respuesta dinámica, las construcciones se clasifican en cuatro tipos (sección 3.1). Con base en esta clasificación podrá seleccionarse el método para obtener las cargas de diseño por viento sobre las estructuras y la determinación de efectos dinámicos suplementarios si es el caso. [Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa., 2011]

Tipo 1.

Estructuras poco sensibles a las ráfagas y a los efectos dinámicos del viento. Abarca todas aquellas en las que la relación de aspecto λ , (definida como el cociente entre la altura y la menor dimensión en planta), es menor o igual a cinco y cuyo periodo natural de vibración es menor o igual a dos segundos. También incluye las construcciones cerradas techadas con sistemas de cubierta suficientemente rígidos.

Tipo 2.

Estructuras que por su alta relación de aspecto o las dimensiones reducidas de su sección transversal son especialmente sensibles a las ráfagas de corta duración (entre 1 y 5 segundos) y cuyos periodos naturales largos favorecen la ocurrencia de oscilaciones importantes en la dirección del viento. Se incluyen también, tanques elevados, antenas, bardas, parapetos, anuncios y, en general, las construcciones que presentan una dimensión muy corta paralela a la dirección del viento.

Tipo 3

Estas estructuras, además de reunir todas las características de las del Tipo 2, presentan oscilaciones importantes transversales al flujo del viento provocado por la aparición periódica de vórtices o remolinos con ejes paralelos a la dirección del viento o de ejes paralelos a la mayor dimensión de la estructura. En este tipo se incluyen las construcciones y elementos aproximadamente cilíndricos o prismáticos esbeltos, tales como chimeneas, tuberías exteriores o elevadas, arbotantes para iluminación, postes de distribución y cables de líneas de transmisión.

Tipo 4

Estructuras que por su forma o por lo largo de sus periodos de vibración (periodos naturales mayores que un segundo), presentan problemas aerodinámicos especiales. Entre ellas se hallan las formas aerodinámicamente inestables. También pertenecen a esta clasificación las cubiertas colgantes que no puedan incluirse en el Tipo 1 y las estructuras flexibles con periodos de vibración próximos entre sí.

La Norma Mexicana presenta variación también en el período de retorno de acuerdo a las otras normas comparadas anteriormente. [Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa., 2011]

Tabla 2.6 Valores de probabilidad de falla y excedencia según la Norma Mexicana.

T	p_e	p_f
10	0,1	94,5%
50	0,02	64%
100	0,001	40%
200	0,005	22%
2000	0,005	2,5%

Fuente: Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa., 2011

En esta norma se plantea: *la importancia de las estructuras (véase la sección 3.1) dictamina los periodos de recurrencia que deberán considerarse para el diseño por viento, según puede observarse en la siguiente tabla:*

Tabla 2.7 Período de recurrencia más frecuentes utilizados en la Norma Mexicana.

Grupo	T
A	200
B	50
C	10

Fuente: Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa., 2011

Tabla 2.8 Tabla con algunos valores de velocidades regionales de las ciudades más importantes de México.

Ciudades	Periodos de Retorno				
	V10	V50	V100	V200	V2000
Acapulco	129	162	172	181	209
Campeche	98	132	146	159	195
Guzmán	101	120	126	132	135
Juárez	116	144	152	158	171
Obregón	147	169	177	186	211
Victoria	135	170	184	196	235
Colima	105	128	138	147	174
Comitán	72	99	112	124	160
Cozumel	124	158	173	185	213

Fuente: Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa., 2011

Como se observa en esta tabla los valores oscilan entre 70 y 213 Km/h para periodos de retorno de 10, 50,100, 200 y 2000 años. Esta variabilidad de los valores se debe también a la ubicación de la ciudad en cuestión, su altura y su categorización de las edificaciones.

Como conclusión de esta normativa podemos decir que establece una relación entre el periodo de retorno (T), el periodo de excedencia anual (P_e) y la probabilidad de falla (P_f) lo cual es una diferencia en cuanto a la NC 285-2003 se refiere ya que esta no presente relación.

República Dominicana.

Según el boletín informativo técnico de la que atiende estos tipos de fenómenos relacionados con la acción del viento en las estructuras tenemos que se considera como una zonificación de la región de acuerdo a la velocidad del viento en cada zona como se muestra en el siguiente mapa. [Secretaria de estado de obras públicas y comunicaciones, 1980]



Figura 2.3 Mapa de zonificación de la República Dominicana.

Ing. Alejandro Gómez Terciado, Lic. Ing. Pedro A. Hernández Delgado. *Determinación de la Carga por Viento Extremo en Naves con Cubiertas a Dos Aguas.*

1 - Zona de alta velocidad (180 Km/h < V < 238 Km/h)

2 - Zona de mediana velocidad (148 Km/h < V < 194 Km/h)

3 - Zona de baja velocidad (105 Km/h < V < 137Km/h)

Por lo que la presión se define por la siguiente ecuación:

$$P=160* ZUKC \quad (\text{Kgs/m}^2) \quad (2.2)$$

Además hacen referencia a un coeficiente de zona Z

Tabla 2.9 Valores de coeficiente de zona según la distribución del mapa anterior.

Zona	Z
1	1
2	2/3
3	1/3

Fuente: *Secretaría de estado de obras públicas y comunicaciones, 1980*

También hacen una clasificación de las estructuras según su función o uso.

Grupo A

Construcciones cuyas funciones sean importantes para la sociedad y por lo tanto no deban sufrir daños estructurales

Grupo B

Construcciones que puedan tolerar daños estructurales que los hagan inoperables sin llegar al colapso o desplome, tales como bancos, hoteles, edificios de oficinas, apartamentos familiares, almacenes y edificios públicos.

Como conclusión podemos afirmar que esta norma presenta una prescripción de las presiones basadas en una zonificación de las velocidades tomadas y analizadas en el cálculo. [Secretaría de estado de obras públicas y comunicaciones, 1980]

Código Modelo de Construcción.

Por otra parte El Código Modelo de Construcción para los países Caribe el cual fue originalmente un documento que suplía la necesidad de cada país susceptible a desastres a la tenencia de normas de construcción apropiadas el cual se convirtió en una actualización de los códigos de construcción del gran caribe para vientos y sismos. Este Código está avalado por un grupo de países dentro de los cuales se encuentra Cuba y está muy ligado a la ASCE 7-02

Este código plantea que se establecerá un mapa de zonificación de velocidad básica de viento para cada territorio (donde éste no exista aún o donde el mismo no es consistente con este código). Esto ayudará en la clasificación de acuerdo a la Velocidad Básica del Viento que será usada para desarrollar valores de presiones de velocidad.

Las fuerzas del viento por unidad de área sobre una estructura pueden ser determinadas a partir de una relación de la fórmula ya tratada anteriormente.

La Velocidad básica del viento es obtenida de un mapa de zonificación apropiada debido con la regularidad del paso de los huracanes por la zona del caribe como se muestra en la imagen siguiente.

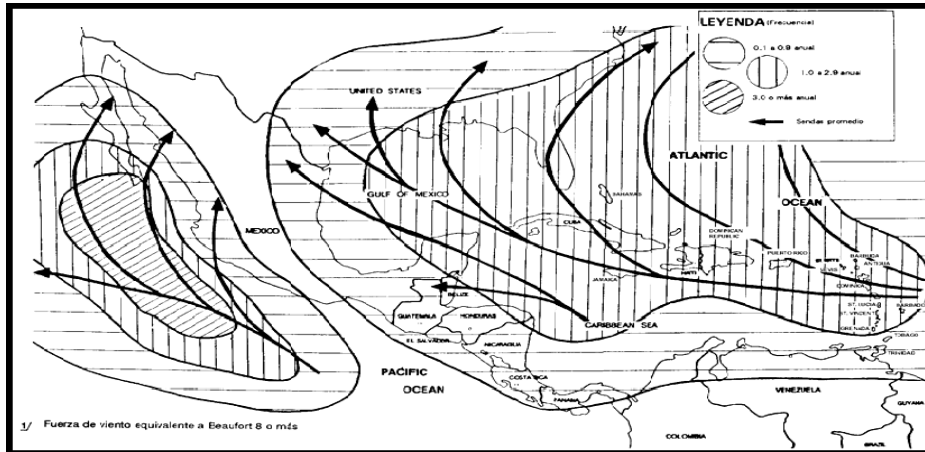


Figura 2.4 Mapa con las trayectorias más probables de los huracanes en el Caribe Fuente: Hernández & Blanco, 2013

Después de haber realizado un minucioso proceso de análisis en el cual fueron comparadas un grupo de normativas internacionales como: ASCE 7-10, la ISO, la Norma Mexicana, el Código del Caribe se llegó a la conclusión de que todas estas normativas tienen como similitud que todas trabajan teniendo en cuenta la Velocidad del Viento, lo cual no pasa así con la Norma Cubana que trabaja con la presión que ejerce el viento en las estructuras y el Boletín utilizado por la República Dominicana que al igual que la norma cubana trabaja a base de las presiones pero con la diferencia de que este presenta una zonificación de las velocidades.

Mapa de las velocidades.

La confección de un mapa de viento producido por huracanes depende de 2 factores:

1. La base de datos de los huracanes.
2. El modelo de pronósticos.
3. Periodo de retorno considerado o la probabilidad de excedencia anual.

Estos mapas de viento no pueden ser locales producto de que el fenómeno climatológico está definido regionalmente y en ocasiones globalmente.

En la confección de los mapas de viento del Caribe se tomó como base de datos la NOAA.



Figura 2.5 Mapa de velocidades y presión de viento para Cuba. Fuente: Conferencia viento Cienfuegos Enero 2013

En la figura anterior a partir de los mapas de velocidad en m/h para diferentes periodos de retorno (T) se redibujaron en un plano de AutoCAD transformándose en mapas de velocidades en Km/h y presiones de Kn/m².

Para la confección de este mapa se partió de los mapas de velocidades para los periodos de retorno considerados y que se muestra como ejemplo el correspondiente a 700 años

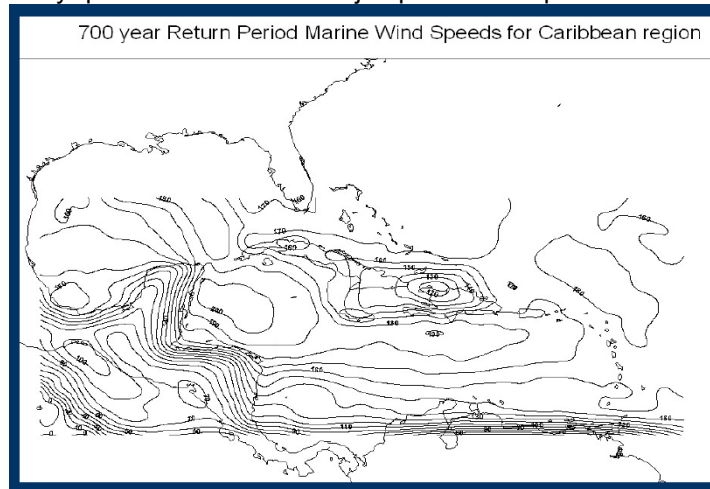


Figura 2.6 Mapa de las velocidades del Caribe para un período de retorno de 700 años
Fuente: Conferencia viento Cienfuegos Enero 2013

De este mapa se amplió la parte correspondiente a Cuba. Este mapa se encuentra en m/h y se transformó a un mapa en km/h y de presiones.

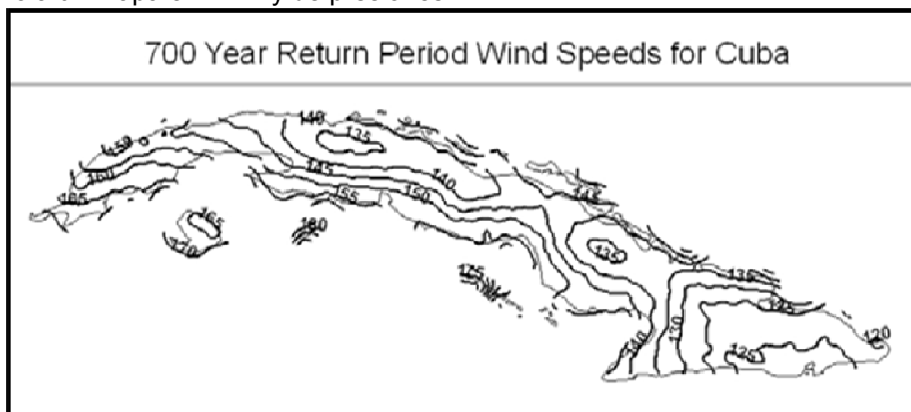


Figura 2.7 Mapa de velocidades y presiones para Cuba para un periodo de retorno de 700 años
Fuente: Conferencia viento Cienfuegos Enero 2013

A continuación se presenta un mapa que muestra la comparación con la NC 285-2003 en cuanto a las velocidades y las presiones para huracanes de categoría 1 y 2.

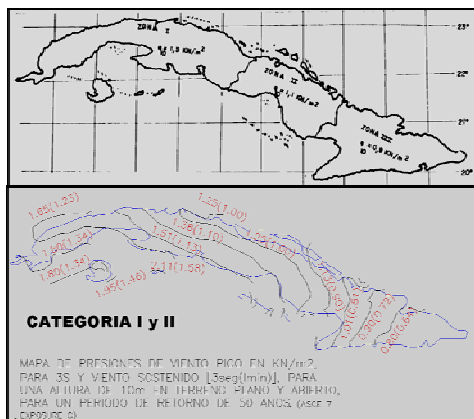


Figura 2.8 Mapa comparativo con la NC 285-2003 en cuanto a presión y velocidad del viento para huracanes de categoría 1 y 2.
Fuente: Conferencia viento Cienfuegos Enero 2013

Como se observa existe una correspondencia entre estos mapas mostrado en cuanto a los valores de velocidad mostrado para un periodo de 50 años.

Dada la similitud de los valores mostrados en el mapa anterior podemos decir que la NC 285-2003 garantiza un nivel de confiabilidad bastante aceptable para huracanes de categoría 1 y 2 para un periodo de retorno de 50 años.

Ya para un periodo de retorno mayor, es decir de 100 a 164 km/h en adelante pudiera incluirse huracanes de categorías superiores pero la NC 285-2003 no garantiza un nivel de confiabilidad.

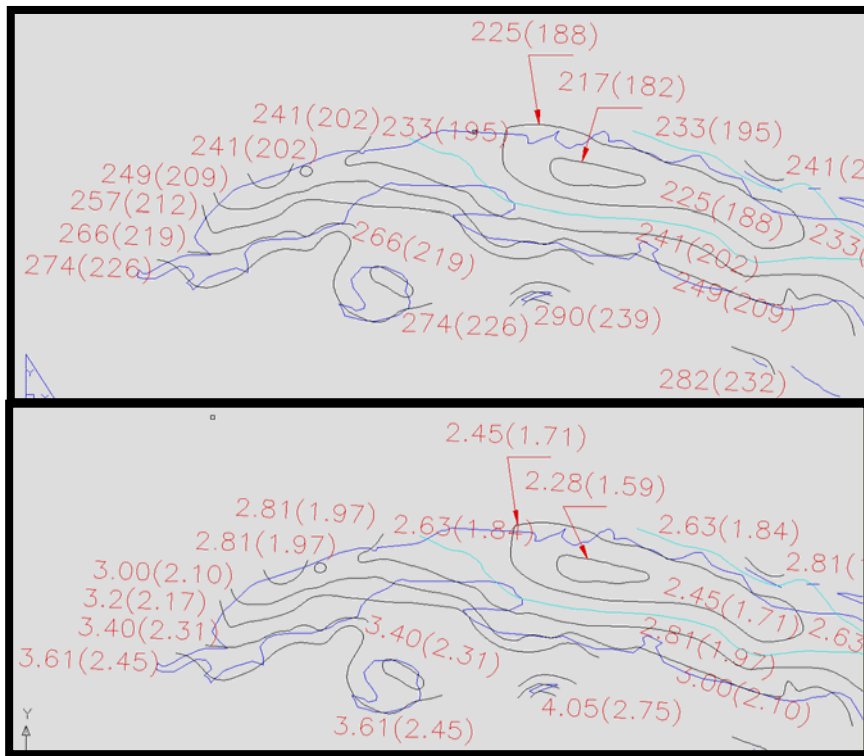


Figura 2.9 Ejemplo de zonificación para la provincia de Matanzas.
Fuente: Conferencia viento Cienfuegos Enero 2013

Tabla 2.10 Valores de presión y valor sostenido del viento para las 3 zonas mostradas.

Zona	Velocidad Sostenido	Presiones Sostenidas
Matanzas Norte	188	1,84
Matanzas Centro	188	1,84
Matanzas Sur	219	2,10

Fuente: Conferencia viento Cienfuegos Enero 2013

Como se deduce en la anterior tabla existe una variación en cuanto a la velocidad y las presiones ejercidas por el viento sostenido en 3 segundos en las 3 zonas representadas en la tabla.

Se debe tener en cuenta que estos estudios se realizaran definiendo que en la provincia de Matanzas no ocurrirá un fenómeno natural de gran envergadura, es decir un huracán de categoría mayor que 3 en la escala Saffir-Simpson.

Determinación de las acciones.

En este caso analizaremos una nave industrial la cual al igual que otras edificaciones se ve afectada por este fenómeno natural.

La nave está constituida por dos sistemas que comprenden la cubierta y la fachada. En ambos sistemas se encuentra un proceso complejo de cálculo para satisfacer las exigencias de seguridad del diseño empleándose una gran cantidad de coeficientes que lo caracterizan.

El proceso de cálculo y de análisis de donde se obtienen todos los coeficientes y valores a utilizar para el correcto diseño o revisión por viento de una estructura, comienza con la siguiente secuencia:



Figura 2.10 Inicio de la secuencia de cálculo.

Datos de entradas. Los datos iniciales de la nave para poder comenzar el proceso de cálculo, se muestra a continuación:

Tabla 2.11 Entrada de datos de la edificación.

Tablas para el Calculo de las Acciones del Viento Provocadas por Huracanes Sobre Nave

Descripción		Símbolos
Ancho del edificio		B=
Largo del edificio		L=
Relación	X/Y	L/B=
	Y/X	B/L=
Altura de cumbrera		h _{cum} =
Altura de alero		h _z =
Altura media		h=
Angulo de la cubierta		θ=

Fuente: Ing Pedro Hernández Delgado

- **Determinación de la presión de cálculo del viento.**

Para la determinación de la presión básica (q_{10}) se empleó la fórmula:

$$q_{10} = \frac{V_{10}^2}{1,6 \times 10^3} \left[\frac{kN}{m^2} \right]$$

Se definió una escala de niveles de velocidad de velocidad del viento en correspondencia con la escala Saffir-Simpson más dos niveles adicionales para las tormentas, elaborándose la siguiente tabla:

Tabla 2.12 Escala de niveles de velocidad de velocidad del viento en correspondencia con la escala Saffir-Simpson.

Presión del lugar (q_{10})										
Categorías del viento		Tormentas severas	DT	TT	Huracán					
					Cat I	Cat II	Cat III	Cat IV	Cat V	
Velocidad del viento en km/h	$V_{10(km)} =$	30	45	60	90	118	155	179	209	250
Velocidad del viento en m/s	$V_{10(m)} =$	8	13	17	25	33	43	50	58	69
Presión básica característica del viento	$q_{10}(kN/m^2) =$	0.04	0.10	0.17	0.39	0.67	1.16	1.55	2.11	3.01
	$q_{10}(kg/m^2) =$	4	10	17	39	67	116	155	211	301
	$q_{10}(t/m^2) =$	0.004	0.010	0.017	0.039	0.067	0.116	0.155	0.211	0.301

Fuente: Ing Pedro Hernández Delgado

Para la determinación de las presiones actuantes sobre la edificación provocada por la acción del viento se empleó la fórmula planteada por la NC 285-2003

$$q = q_{10} \cdot C_t \cdot C_s \cdot C_h \cdot C_r \cdot C_{ra} \cdot C_f \quad [kN/m^2]$$

Considerándose los siguientes valores:

- Coeficiente de recurrencia (C_t) = 1, para un periodo de recurrencia de 50 años.
- Coeficiente de Sitio (C_s) = 1, sitio normal.
- Coeficiente de altura (C_h) para categoría del terreno A. Se determinó por la fórmula de la siguiente tabla:

Tabla 3 — Gradiente del coeficiente de altura

Tipo de Terreno	C_h	Z_g (m)
A	$(Z/10)^{0,32}$	300
B	$0,65 (Z/10)^{0,44}$	400
C	$0,30 (Z/10)^{0,66}$	500

En la tabla anterior Z es la altura referida al nivel del terreno exterior. La ASCE-7 define dos alturas de cálculo para este coeficiente: uno para barlovento h_z referido a la altura del alero y el otro h referido a la altura media entre la cumbre y el alero.

Tabla 2.14 Coeficiente de altura

Cálculo del Coeficiente de Altura	
$C_{h_{hz}} =$	0.89
$C_{h_h} =$	0.92

- Coeficiente de ráfaga (C_r) se determinó mediante las ecuaciones deducidas de la tabla 6 de la NC 285-2003 para cada categoría del terreno según se refleja en la siguiente tabla de cálculo:

Tabla 2.15 Coeficiente de ráfaga.

Cálculo del Coeficiente de Ráfaga	
C_{r_hz} =	1.20
C_{r_h} =	1.19

- Coeficiente de reducción por área. Se consideró =1.

Con los resultados calculados de los coeficientes anteriores se confeccionó la siguiente tabla:

Tabla 2.16 Valores de presión de lugar.

Presión del lugar										
Categorías del viento		Tormentas severas		DT	TT	Huracán				
Velocidad del viento en km/h	$V_{10}(km/h)$	30	45	60	90	Cat I	Cat II	Cat III	Cat IV	Cat V
	$q_z(t/m^2)$ =	0.004	0.010	0.017	0.039	0.067	0.116	0.155	0.211	0.301
	$q_{e_suelo}(t/m^2)$ =	0.005	0.010	0.019	0.042	0.072	0.124	0.165	0.226	0.323
	$q_{e_pared}(t/m^2)$ =	0.005	0.012	0.020	0.046	0.079	0.137	0.182	0.248	0.355

Es importante destacar que en una investigación realizada por el Ing. Pedro Hernández se realizó el cálculo por la metodología de la ASCE-7, obteniéndose valores de presiones muy similares a los obtenidos por la norma cubana. Por esta razón y teniendo en cuenta que la norma cubana no discrepa bien la diferencia entre el sistema principal resistente al viento y el sistema de componentes y revestimiento, además de no estar claro el empleo de los coeficientes de formas y si estos consideran o no los efectos aerodinámicos producidos por la interacción del viento con la edificación, se decidió continuar con la metodología de la ASCE por ser muy explícita y permitir analizar todas las variantes de las acciones producidas por el viento.

Es importante destacar que las velocidades consideradas para los estudios de suelos son velocidades extremas, razón por lo cual no es necesaria su mayoración.

A continuación realizaremos primero el análisis para el Sistema Principal Resistente al Viento (SPRV) y posteriormente para el Sistema de Componentes y Revestimientos (SCR).

Sistema Principal Resistente al Viento. (SPRV).

Este sistema está ligado a un conjunto de elementos estructurales asignados a proveer soporte y estabilidad para toda la estructura. El sistema generalmente recibe cargas de viento de más de una superficie

- Cimientos
- Columnas
- Vigas

[Hernandez & Blanco, 2013]

Clasificación por Grado de cierre de la estructura.

En este paso se presentan los datos de la envolvente de la edificación. Aquí intervienen datos tales como:

- A_o : Área total de fenestraciones
- A_g : Área bruta del muro
- A_{gj} : Suma de las áreas de la envolvente (cubierta y fachada) no incluye A_g .
- A_{oj} : Suma de las áreas abiertas en la envolvente de la edificación y no incluye A_o .
- A_t : Producto del largo y ancho de la edificación.
- V_1

Una vez estos datos mostrados y analizados podemos obtener las condiciones de abierto o cerrado de la edificación:

Abierto cuando: $A_o/A_{gi} > 0.80$

Cerrado cuando: $A_o/A_{gi} \leq 0.20$; $A_o > 0.37 \text{m}^2$; $A_o > 0.01A_g \text{m}^2$

Parcialmente cerrado: este consta de dos condiciones de análisis para obtener una clasificación.

1. El área total de fenestraciones la cual recibe la presión externa excede la suma de las áreas abiertas de la envolvente del edificio por más del 10%.
2. El área total de fenestraciones en el muro la cual recibe la presión externa positiva excede 0.37m^2

Esta clasificación por grado de cierre es común tanto para la fachada como para la cubierta por lo que a partir de este momento separamos la secuencia de cálculo para fachada y para cubierta.

Proceso de cálculo para la fachada (SPRV)

Para la determinación de este proceso se depende de la dirección del viento y de cómo actúe en la estructura por lo que se mostrará en el proceso de cálculo la dependencia de la inclinación de la cubierta en dicho proceso.

A continuación se llevará a cabo una secuencia de cálculo, de modo que se expondrá de modo teórico como se analiza en este caso la acción del viento en la estructura, quedando de la siguiente forma el diagrama para esta fase.

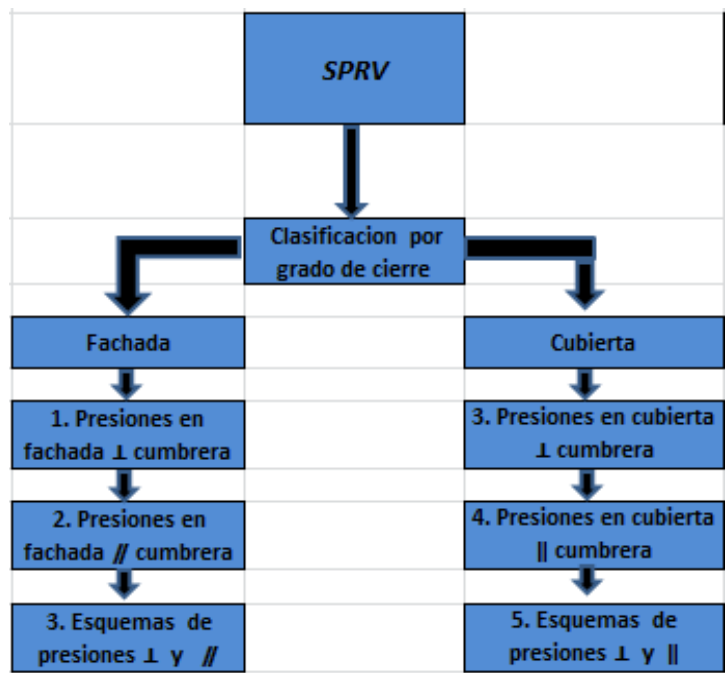


Figura 2.11 Flujograma de cálculo para el (SPRV).

Paso 1. Presiones en fachada ⊥ cumbre

Este paso depende de las condiciones del edificio de ser abierto, cerrado o parcialmente cerrado. Para ello tenemos una tabla de análisis la cual permite el esclarecimiento de este factor, además de gráficos con la dirección del viento.

Tabla 2.17 Valores de coeficiente de presión interna según el grado de cierre del edificio.

Clasificación del edificio	Coefficiente de presión interna
Abierto	0
Cerrado	+0.18 -0.18
Parcialmente cerrado	+0.55 -0.55

Fuente: Ing Pedro Hernández Delgado

La ASCE establece un patrón de acción del viento y su resultado el cual se muestra a continuación para edificios cerrado y parcialmente cerrado para naves a 2 aguas.

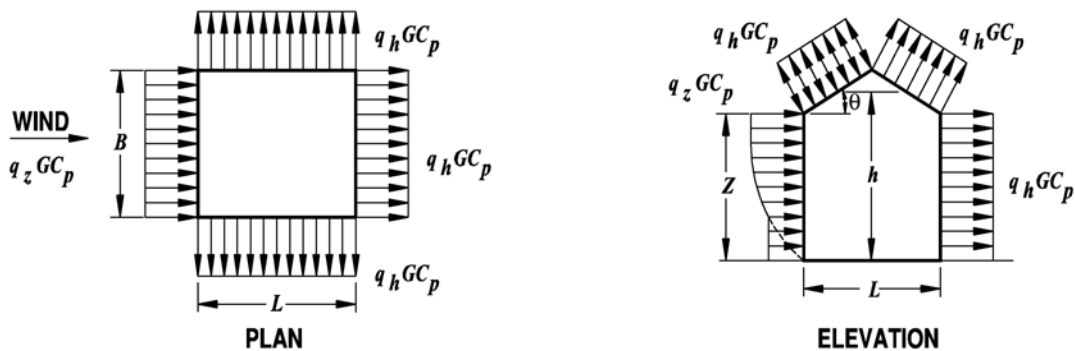


Figura 2.12 Acción del viento en la edificación.
Fuente: (ASCE 7-10, 2010)

Donde C_p : Coeficiente de presión externa. Este depende de la inclinación de la cubierta θ .

Paso 2. Presiones en fachada // cumbre.

Se determina con las mismas condiciones del paso anterior atendiendo a las mismas tablas y diagramas.

Paso 3. Esquemas de Presiones en fachada.

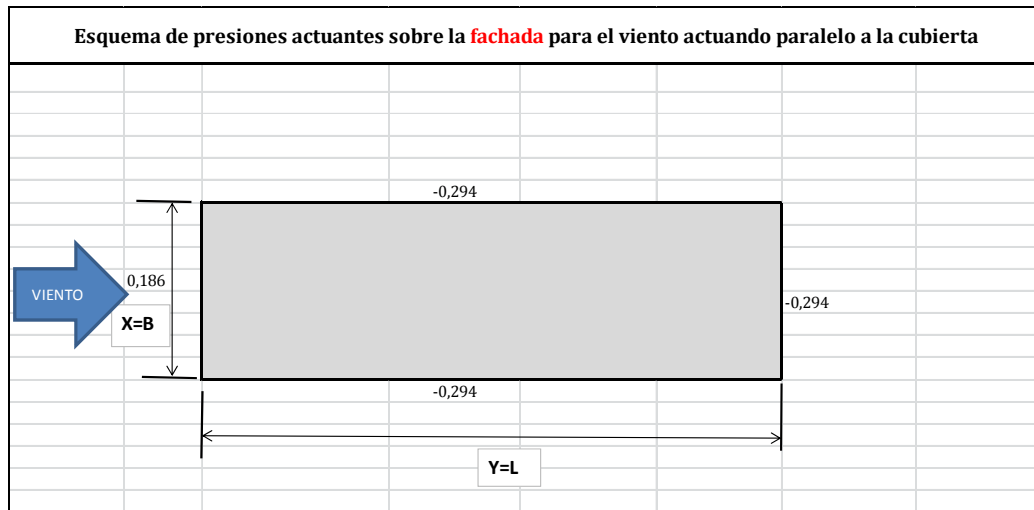


Figura 2.13 Esquema de presiones en la fachada.

Proceso de cálculo para la cubierta (SPRV).

Paso 1: C_p cubiertas $\Theta \geq 10^\circ$ viento \perp y // cumbrera.

Este paso depende de la inclinación de la cubierta, relaciones ancho-altura, ancho-largo coeficiente de presión C_p .

Este proceso se aplica para los dos posibles casos ya sea a barlovento o a sotavento:

1. Perpendicular a la cumbrera.
2. Paralelo a la cumbrera.

Paso 2: C_p cubiertas $\Theta < 10^\circ$ viento \perp y // cumbrera.

Se realiza un análisis similar al paso anterior.

Paso 3: Presiones en cubierta \perp cumbrera.

En este paso se obtienen las presiones en la cubierta donde el viento esta vez va a estar actuando perpendicular al techo de la estructura dependiendo nuevamente de la velocidad del viento y la categoría del huracán, de la presión interna y de la relación (h/X) largo-altura para pendientes de la cubiertas menores de 10° .

Paso 4: Presiones en cubierta // cumbrera.

Al igual que el paso precedente se obtendrán valores de presiones para cubiertas mayores o menores de 10° dependiendo de los mismos factores que el anterior paso solamente que esta vez la relación será de (h/Y) ancho –altura.

Una vez terminado con este procedimiento de cálculo se pasaría a la confección de los esquemas de actuación del viento en la estructura que no sería más que la representación en un plano de la interacción del viento con la edificación, ejemplo:

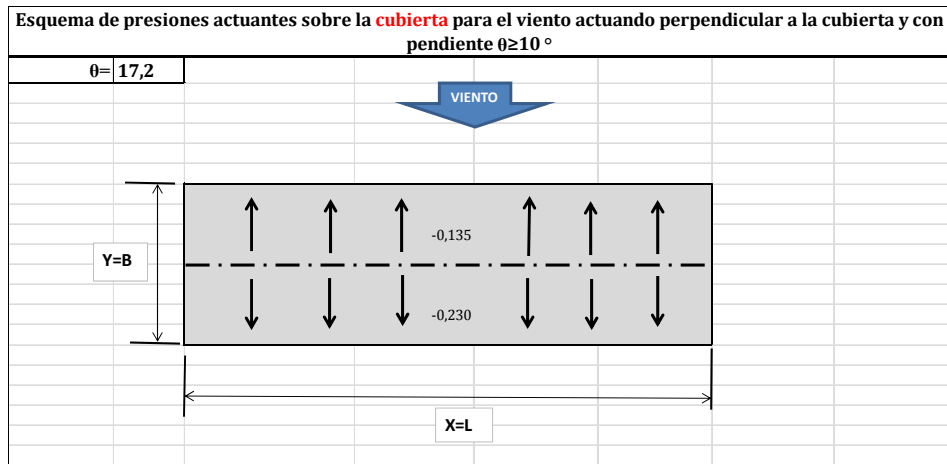


Figura 2.14 Esquema de presiones en la cubierta.

Por otra parte se encuentra el sistema de componentes y revestimientos el cual será tratado a continuación el cual al igual que el anterior sistema posee un grupo de coeficientes y normativas de cálculo que serán analizadas a continuación.

Sistema de Componentes y Revestimientos. (SCR)

Este sistema consta de elementos de la envoltura de la edificación que no califican como parte del sistema principal resistente a fuerza de viento.

- Muros de cierre.
- Ventanas y Puertas.
- Aberturas.
- Techos: purlins, componentes, accesorios y fijaciones.
- Equipos e instalaciones.

Para el cálculo de los componentes y de los revestimientos (SCR) en algunas normas, incluyendo la ASCE 7-05, se escribe de la siguiente forma:

Ya una vez explicado el marco teórico del SCR se representará mediante la secuencia de cálculo con la que se trabajará posteriormente.

Al igual que en el SPRV se divide el trabajo en fachada y cubierta por lo que a continuación se presenta dicha secuencia:

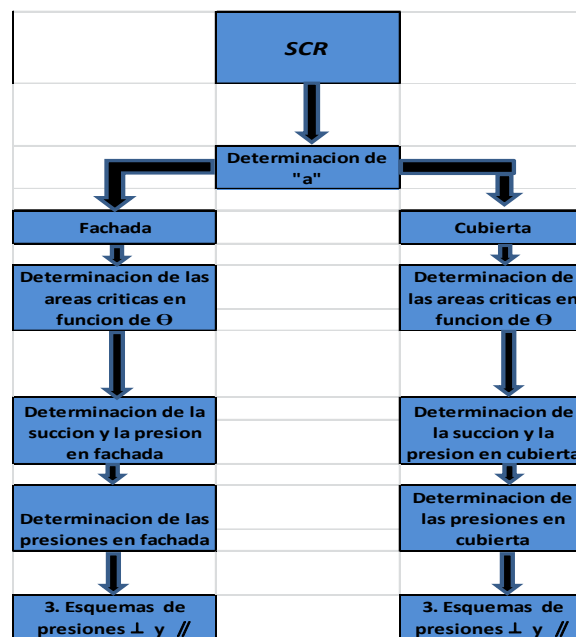


Figura 2.15 Flujo de cálculo para el (SCR)

Determinación de "a" es común para fachada y cubierta.

Este paso no es más que la definición de las zonas críticas donde actúa el viento ya sea en la fachada o en la cubierta en función de la inclinación de la cubierta θ .

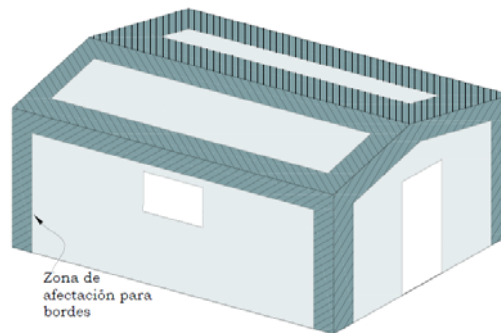


Figura 2.16 Muestra de las zonas críticas en la edificación.
Fuente: Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa., 2011

Proceso de cálculo para la fachada.

Determinación de la succión y la presión en fachada

En este paso se continúa dependiendo del ángulo de inclinación de la cubierta θ y de las zonas críticas determinadas en el paso anterior, donde cada zona posee un valor de succión y presión distinta.

Determinación de las presiones en fachada.

En este paso se determinan las presiones que actúan en la fachada en la cual actúa el coeficiente de presión interna (GC_{pi}) dependiendo el mismo también de la condición de cierre del edificio.

Esta presión se adecúa también a la velocidad del viento por lo que tiene relación con la categoría de los huracanes.

Una vez obtenidos las presiones se elabora el esquema de acuerdo con los resultados.

Esquema de presiones actuantes sobre la fachada .				
		-0,398	-0,359	-0,398
	a			0,344
	0,344			
Y=B		-0,393		-0,393
	a			0,344
	0,344			
		-0,398	-0,359	-0,398
	a			a
			X=L	

Figura 2.17 Esquema de presión en la fachada para el (SCR).

Proceso de cálculo para la cubierta.

Al igual que para la fachada se determinan un grupo de zonas críticas las cuales responde también a la inclinación de la cubierta θ .

Determinación de la succión y la presión en cubierta.

Como se describe en la fachada se toma el mismo procedimiento y se continúa dependiendo de los mismos factores de áreas e inclinación de cubierta.

totalmente seguro ya que carece de un grupo de factores que son imprescindibles a la hora de realizar un diseño seguro.

El algoritmo mostrado evalúa en términos numéricos las presiones obtenidas por el cálculo realizado en las fachadas y en la cubierta del Sistema Principal Resistente al Viento (SPRV) y del Sistema de Componentes y Revestimiento (SCR), teniendo en cuenta un sistema de coeficientes y factores necesarios.

En este análisis se tomará una velocidad del viento referente a un huracán de categoría ya que como se expuso anteriormente nuestra provincia es frecuentada por fenómenos de esta envergadura donde los vientos andan por el orden de los 200 km/h.

Este proceso de cálculo donde se evaluara la nave industrial que más adelante se muestra será realizado a base de unas tablas confeccionadas por el ingeniero Pedro A. Hernández Delgado.

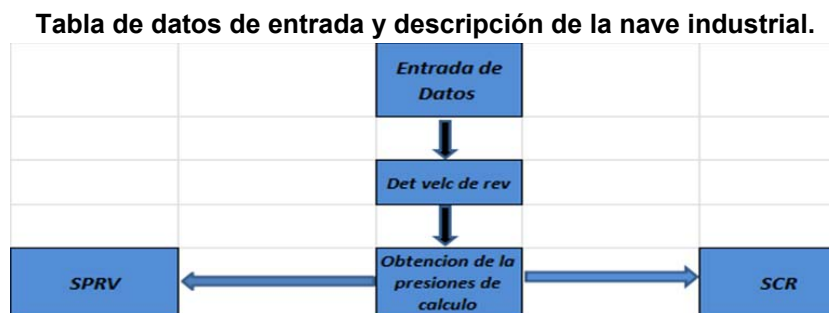


Figura 3.1 Inicio de la secuencia de cálculo.

Primeramente se introducen los datos dimensionales de la nave industrial utilizada para el análisis práctico de este trabajo de diploma, como se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 3.1 Entrada de datos de la edificación con los valores incluidos.

Tablas para el Calculo de las Acciones del Viento Provocadas por Huracanes Sobre Nave Industriales				
Descripción		Símbolos	Valor	Unidades
Ancho del edificio		B=	12,5	m
Largo del edificio		L=	40	m
Relación	X/Y	L/B=	3,2	s/d
	Y/X	B/L=	0,3125	s/d
Altura de cumbrera		h_{cum} =	7,15	m
Altura de alero		h_2 =	6,15	m
Altura media		h=	6,65	m
Angulo de la cubierta		θ =	9,2	(°)

Introduciendo los datos de ancho, largo y las alturas de cumbrera y de del alero, obtenemos los valores de ángulo de inclinación de la cubierta (θ), y la altura media de la estructura y una relación de acuerdo al ancho y el largo de la nave.



Figura 3.2 Nave Industrial a dos aguas.

Obtención de las presiones.

En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos en el análisis que se le ha realizado a la estructura:

Tabla 3.2 Valores de presión obtenidos

Categorías del viento		Presión del lugar								
		Tormentas severas		DT	TT	Huracán				
Velocidad del viento en km/h	$V_{10(km)} =$	30	45	60	90	Cat I	Cat II	Cat III	Cat IV	Cat V
	$q_{10}(t/m^2) =$	0,004	0,010	0,017	0,039	0,067	0,116	0,155	0,211	0,301
	$q_{z,lugar}(t/m^2) =$	0,005	0,010	0,018	0,040	0,069	0,120	0,160	0,218	0,312
	$q_{h,lugar}(t/m^2) =$	0,005	0,011	0,019	0,043	0,073	0,126	0,169	0,230	0,329

Para la confección de esta tabla se realizó un exhaustivo análisis de los coeficientes que intervienen en dicha ecuación utilizada para la obtención de las presiones, los cuales fueron tratados en el capítulo anterior.

Sistema Principal Resistente al Viento (SPRV).

A continuación se muestra la secuencia de cálculo referente al (SPRV), el cual viene acompañado de un grupo de tablas, las cuales facilitan y muestran los resultados obtenidos en el proceso de cálculo sobre la nave industrial.

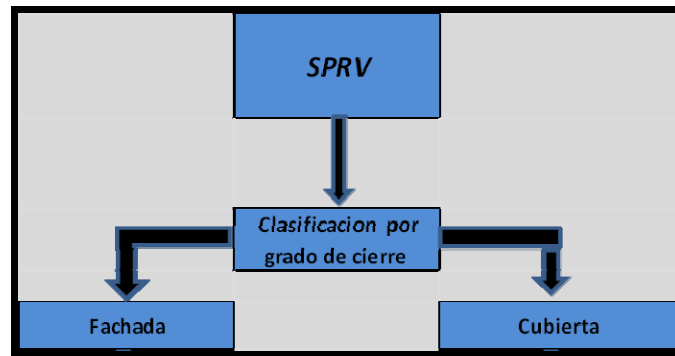


Figura 3.3 Inicio del proceso de cálculo para el (SPRV)

Comenzaremos ilustrando que el primer paso: Clasificación por grado de cierre de la estructura que es común tanto para la fachada como para la cubierta.

Clasificación por grado de cierre de la estructura.

Ya referido en el capítulo precedente, esta clasificación se basa principalmente en la obtención de un grupo de áreas, las cuales conllevan al análisis de un grupo de condiciones que permitirán conocer la condición de cierre de la edificación, quedando ilustrada de la siguiente manera en la tabla a continuación mostrada:

Tabla 3.3 Clasificación por grado de cierre de la estructura.

Clasificación por grado de cierre. § 6.2				
Datos de la envolvente de la edificación				
	Fachada			
	A	B	C	D
$A_H =$	47	22	47	10
$A_s =$	175	77,5	175	77,5
$A_{H1} =$	505			
$A_{H2} =$	126			
$A_t =$	500			
$V_i =$	3325			
	10908,8			
Parámetros de cálculo				
$A_{H1} =$	579	604	579	616
$A_{H2} =$	830	927,5	830	927,5
$A_H/A_s =$	0,27	0,28	0,27	0,13
$A_H/A_{H1} =$	0,081	0,036	0,081	0,016
$A_H/A_{H2} =$	0,057	0,024	0,057	0,011
Verificación de la condición de edificio abierto				
$A_H/A_s > 0,80$	NO ABIERTO	NO ABIERTO	NO ABIERTO	NO ABIERTO
Verificación de la condición de cierre del edificio				
$A_H/A_{H1} \leq 0,20$	SI	SI	SI	SI
$A_H > 0,37 \text{ m}^2$	SI	SI	SI	SI
$A_H > 0,01A_s \text{ m}^2$	NO	NO	NO	NO
Criterios de edificios parcialmente cerrado				
Condición No. 1	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Condición No. 2	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Condición de cierre	NO PARCIALMENTE CERRADO	NO PARCIALMENTE CERRADO	NO PARCIALMENTE CERRADO	NO PARCIALMENTE CERRADO
Condición de cierre del edificio				
	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO
Determinación del coeficiente de reducción. (ASCE § 6.5.11.1, Form 6-16)				
$R_s =$	0,500			

Proceso de cálculo para la fachada (SPRV).

Este proceso como antes se mencionó en el capítulo 2, consta de una serie de pasos, los cuales nos permite desglosar su funcionamiento como proceso de cálculo y hacer más asequible su comprensión.

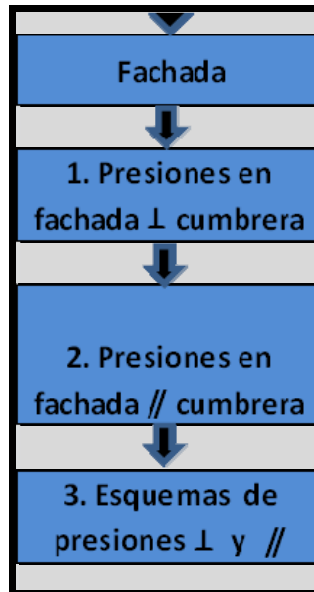


Figura 3.4 Flujograma para la fachada del (SPRV)

a) Presiones en fachada ⊥ cumbrera.

En nuestro caso después de haber analizado los aspectos correspondientes a este paso, quedan definidos los valores de presiones que a continuación se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.4 Valores de presión en la fachada. Dirección perpendicular a la cumbrera.

Determinación de las presiones actuantes sobre las fachadas (§ 6.5.11.2.1 y Figs. 6-5, 6-6 y 6-7). Dirección perpendicular a la cumbrera.										
Factor de efecto de las ráfagas	$G_y =$	0.87								
$X/Y =$	3.2	Coeficientes de Presión								
Barlovento	$C_p =$	0.8								
Sotavento		0.24								
Lateral		0.7								
Presión externa actuante sobre las fachadas.										
Barlovento (+)	qGC_p	0.003	0.007	0.013	0.030	0.051	0.088	0.117	0.159	0.228
Sotavento (-)		0.001	0.002	0.004	0.009	0.015	0.027	0.036	0.048	0.069
Lateral (-)		0.003	0.007	0.012	0.026	0.045	0.078	0.104	0.141	0.202
Presión interna actuante sobre las fachadas. (ASCE § 6.5.11.1, Fig. 6-5)										
Coef. de presión interna	$(G_{cpi}) =$	0.18								
Barlovento(-)	$q_e(G_{cpi}) =$	0.001	0.002	0.003	0.007	0.012	0.020	0.027	0.036	0.052
Sotavento(-)	$q_i(G_{cpi}) =$	0.001	0.002	0.003	0.007	0.011	0.020	0.026	0.036	0.051
Lateral(-)		0.001	0.002	0.003	0.007	0.011	0.020	0.026	0.036	0.051
Presión neta actuante sobre las fachadas.										
Barlovento (+)	$(qGC_p - q_e(G_{cpi}))$	0.003	0.006	0.010	0.023	0.039	0.068	0.090	0.123	0.176
Sotavento (-)	$(qGC_p - q_i(G_{cpi}))$	0.002	0.004	0.007	0.016	0.027	0.046	0.062	0.084	0.121
Lateral (-)		0.004	0.008	0.015	0.033	0.057	0.098	0.130	0.177	0.254

b) Presiones en fachada // cumbrera.

En este paso continuaríamos dependiendo de las relaciones expuestas en la tabla de entrada de datos de la nave la cual se refiere a las relaciones X/Y ó Y/X , en este caso dependeríamos de la relación Y/X .

Además de esta relación dependeríamos también de la inclinación de la cubierta (θ), la cual intervendría en la obtención del coeficiente de presión C_p habiéndonos quedado de la siguiente manera el análisis de dicha presión mostrada a continuación:

Tabla 3.5 Valores de presión en la fachada. Dirección paralela a la cumbre.

Determinación de las presiones actuantes sobre las fachadas (§ 6.5.11.2.1 y Figs. 6-5, 6-6 y 6-7). Dirección paralela a la cumbre.										
Factor de efecto de las ráfagas	$G_p =$	0.90								
$Y/X =$	0.3125	Coeficientes de Presión								
Barlovento	$C_p =$	0.8								
Sotavento		0.30								
Lateral		0.7								
Presión externa actuante sobre las fachadas.										
Barlovento (+)	$qG C_p$	0.003	0.008	0.014	0.030	0.052	0.090	0.121	0.164	0.235
Sotavento (-)		0.001	0.003	0.005	0.012	0.020	0.034	0.046	0.062	0.089
Lateral (-)		0.003	0.007	0.012	0.027	0.046	0.080	0.107	0.146	0.209
Presión interna actuante sobre las fachadas. (ASCE § 6.5.11.1, Fig. 6-5)										
Coef. de presión interna	$(G_{cpi}) =$	0.18								
Barlovento (-)	$q_z(G_{cpi}) =$	0.001	0.002	0.003	0.007	0.012	0.020	0.027	0.037	0.053
Sotavento (-)	$q_h(G_{cpi}) =$	0.001	0.002	0.003	0.007	0.012	0.020	0.027	0.037	0.053
Lateral (-)		0.001	0.002	0.003	0.007	0.012	0.020	0.027	0.037	0.053
Presión neta actuante sobre las fachadas.										
Barlovento (+)	$(qG C_p - q_z(G_{cpi}))$	0.003	0.006	0.010	0.024	0.041	0.070	0.093	0.127	0.182
Sotavento (-)	$(qG C_p - q_h(G_{cpi}))$	0.002	0.005	0.008	0.018	0.032	0.055	0.073	0.099	0.142
Lateral (-)		0.004	0.008	0.015	0.034	0.058	0.100	0.134	0.183	0.261

c) Esquemas de Presiones en fachada.

Una vez obtenidos los valores de presión en la fachada se procede a esquematizar dichos valores quedando de la siguiente forma para ambas direcciones:

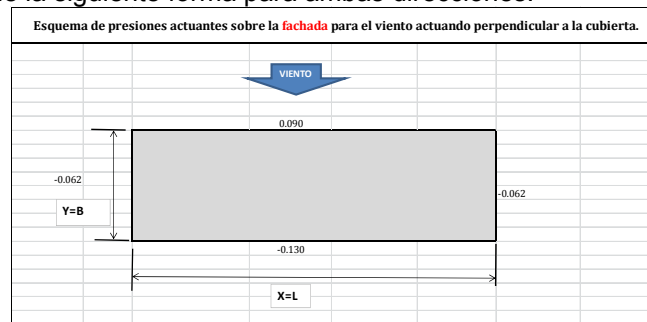


Figura 3.5 Esquema de presiones en la fachada para viento perpendicular a la cumbre para el (SPRV).

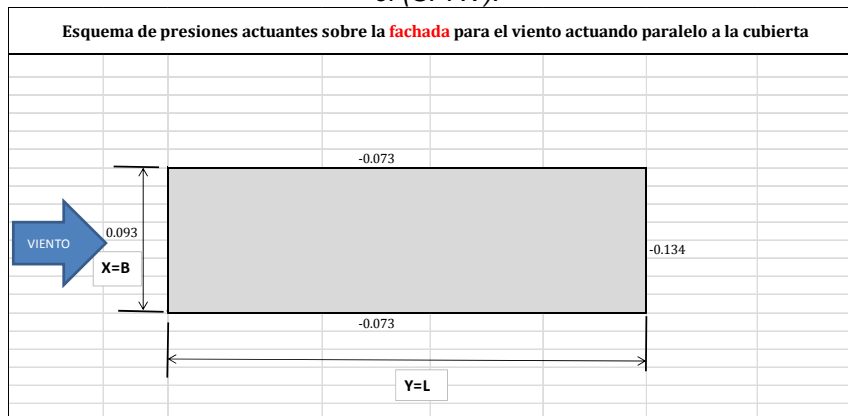


Figura 3.6 Esquema de presiones en la fachada para viento paralelo a la cumbre para el (SPRV).

Ya una vez visto el procedimiento aplicado para la fachada se pasará a mostrar el referente a la cubierta para el (SPRV).

Proceso de cálculo para la cubierta (SPRV).

Al igual que el procedimiento anterior este cuenta con un grupo de pasos, los cuales persiguen el mismo fin.

A continuación se mostrara la secuencia de cálculo encargada de esclarecer el trabajo realizado en el análisis de la cubierta para el (SPRV).

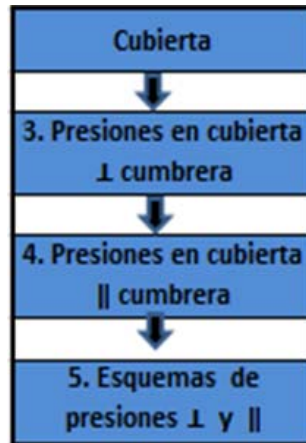


Figura 3.7Flujograma para la cubierta del (SPRV)

a) Obtención de C_p para cubiertas de $\theta \geq 10^\circ$ con viento \perp y \parallel cumbre.

En nuestro caso de análisis este paso no lo tendríamos en cuenta ya que la inclinación de la cubierta es menor de 10° ($\theta=9.2^\circ$).

b) Obtención de C_p para cubiertas de $\theta < 10^\circ$ con viento \perp y \parallel cumbre.

Para la obtención de este coeficiente se tuvo en cuenta las relaciones de h/Y ; h/X relacionando la altura con el ancho y largo de la estructura como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 3.6 Coeficiente de presión en dependencia de la inclinación de la cubierta para la dirección paralela y perpendicular a la cumbre.

Cálculo del coeficiente de presión C_p para la cubierta ($\theta \leq 10^\circ$) para la dirección perpendicular a la cumbre. §6.5.12.2	
h/X	0,532
$\leq 0.5h$	-0,9256
$0.5 < d \leq h$	-0,8872
$h < d \leq 2h$	-0,5128
$d \geq 2h$	-0,3256

Cálculo del coeficiente de presión C_p para la cubierta para la dirección paralela a la cumbre para todas las pendientes. §6.5.12.2	
h/Y	0,16625
$\leq 0.5h$	-0,9
$0.5 < d \leq h$	-0,9
$h < d \leq 2h$	-0,5
$d \geq 2h$	-0,3

Presiones en cubierta ⊥ cumbrera.

Este paso proporciona valores de presión, los que se consiguieron respetando el valor de velocidad del viento y su modo de actuación sobre la cubierta, además del C_p y del grado de inclinación de la cubierta (θ) mostrados en la consiguiente tabla:

Tabla 3.7 Valores depresión en cubierta perpendicular a la cumbrera.

h/X	Pendiente $\le 10^\circ$									
$\le 0.5d$	$q_{GC_p} =$	-0.004	-0.009	-0.015	-0.035	-0.060	-0.103	-0.137	-0.187	-0.268
$0.5 < d \le h$		-0.004	-0.008	-0.015	-0.033	-0.057	-0.099	-0.132	-0.179	-0.257
$h < d \le 2h$		-0.002	-0.005	-0.009	-0.019	-0.033	-0.057	-0.076	-0.104	-0.148
$d \ge 2h$		-0.001	-0.003	-0.005	-0.012	-0.021	-0.036	-0.048	-0.066	-0.094
Presión interna	$q_i(GC_p) =$	-0.001	-0.002	-0.003	-0.008	-0.013	-0.023	-0.031	-0.042	-0.060
$\le 0.5d$	$(q_{GC_p} + q_i(GC_p)) =$	-0.005	-0.011	-0.019	-0.042	-0.073	-0.126	-0.168	-0.229	-0.327
$0.5 < d \le h$		-0.005	-0.010	-0.018	-0.041	-0.070	-0.122	-0.162	-0.221	-0.316
$h < d \le 2h$		-0.003	-0.007	-0.012	-0.027	-0.046	-0.080	-0.107	-0.145	-0.208
$d \ge 2h$		-0.002	-0.005	-0.009	-0.020	-0.034	-0.059	-0.079	-0.107	-0.154

Presiones en cubierta // cumbrera.

Dependiendo de los mismos factores se obtendrán valores de presión, lo que en esta ocasión la acción del viento será de forma paralela a la cumbrera de la nave.

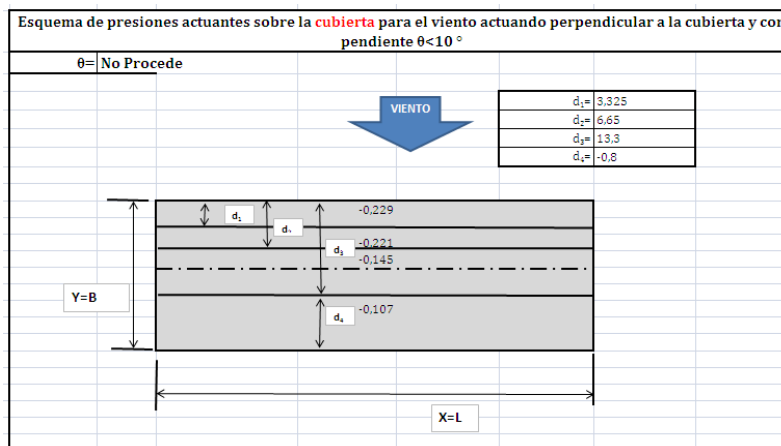
De esta manera se utiliza para su obtención el valor de la relación ancho-altura que corresponde a h/Y y se continúa teniendo en cuenta la inclinación de la cubierta (θ), quedando como resultado:

Tabla 3.8 Valores de presión en cubierta paralelo a la cumbrera.

h/Y	Pendiente $\le 10^\circ$									
$\le 0.5d$	$q_{GC_p} =$	-0.004	-0.009	-0.015	-0.035	-0.060	-0.103	-0.137	-0.187	-0.268
$0.5 < d \le h$		-0.004	-0.009	-0.015	-0.035	-0.060	-0.103	-0.137	-0.187	-0.268
$h < d \le 2h$		-0.002	-0.005	-0.009	-0.019	-0.033	-0.057	-0.076	-0.104	-0.149
$d \ge 2h$		-0.001	-0.003	-0.005	-0.012	-0.020	-0.034	-0.046	-0.062	-0.089
Presión interna	$q_i(GC_p) =$	-0.001	-0.002	-0.003	-0.008	-0.013	-0.023	-0.031	-0.042	-0.060
$\le 0.5d$	$(q_{GC_p} + q_i(GC_p)) =$	-0.005	-0.011	-0.019	-0.042	-0.073	-0.126	-0.168	-0.229	-0.328
$0.5 < d \le h$		-0.005	-0.011	-0.019	-0.042	-0.073	-0.126	-0.168	-0.229	-0.328
$h < d \le 2h$		-0.003	-0.007	-0.012	-0.027	-0.046	-0.080	-0.107	-0.146	-0.209
$d \ge 2h$		-0.002	-0.005	-0.009	-0.019	-0.033	-0.057	-0.076	-0.104	-0.149

Por último, como en la fachada, se muestran los esquemas de las presiones actuantes pero esta vez las referidas a la cubierta.

Esquemas de presiones en la cubierta.



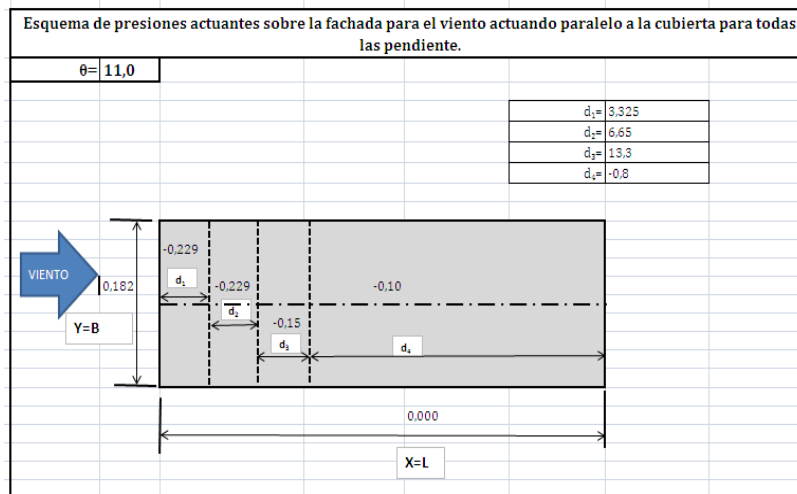


Figura 3.8 Esquemas de presiones en la cubierta

Sistema de Componentes y Revestimientos. (SCR).

Por otra parte se calcula el Sistema de Componentes y Revestimiento (SCR) que presenta un grupo de pasos y factores de conjunto.

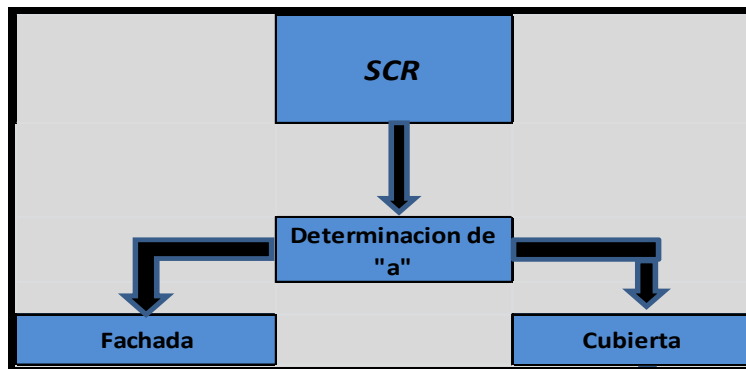


Figura 3.9 Inicio del flujograma para el cálculo del (SCR)

Determinación de "a"

Tabla 3.9 Valor de "a"

Determinación de "a"		
Dimensiones del edificio	H=	6,65
	B=	12,5
	L=	40
Dimensión Horizontal min		12,5
Criterio 1		1,25
Criterio 2 (amin)		0,9
a=		1,25

Como se muestra en la anterior tabla, la determinación de "a" depende de las dimensiones del edificio: altura media, ancho y largo.

Proceso de cálculo para la Fachada. (SCR).

Para este proceso de cálculo en la fachada se tendrá en cuenta que el viento puede soplar en dos direcciones: perpendicular a la cumbrera o paralelo a la misma, por lo que se calculara para los dos fenómenos.

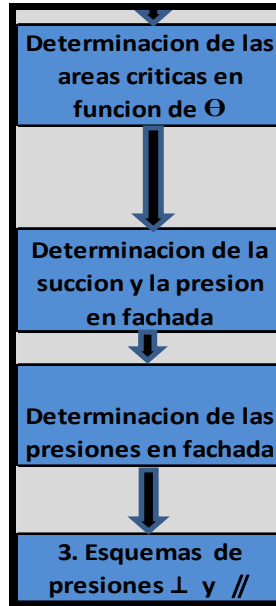


Figura 3.10 Flujograma de cálculo para la fachada del (SCR)

a) Determinación de los coeficientes de succión y presión

Tabla 3.10 Coeficientes de Succión y Presión para la fachada.

Determinación de los Coeficientes de Succión para la fachada			
Pendiente	$\theta=$	9,2	
Zona	(GCP ₋)	m ²	t/m ²
Z4x=	GCP _{-zf4} =	9,30	0,92
Z5x=	GCP _{x-zf5} =	9,30	1,04
Z4y=	GCP _{y-zf5} =	10,30	1,03
Z5y=	GCP _{+zf} =	4,60	0,88
Determinación de los Coeficientes de Presión para la fachada			
Pendiente	$\theta=$	9,2	
Zona	(GCP ₋)	m ²	t/m ²
Z4x=	GCP _{-zf4} =	9,30	0,92
Z5x=	GCP _{x-zf5} =	9,30	1,04
Z4y=	GCP _{y-zf5} =	10,30	0,93
Z5y=	GCP _{+zf} =	4,60	0,88

En este paso se determinan los coeficientes de succión y presión, los cuales dependen de la pendiente o inclinación de la cubierta (θ) y de las zonas críticas referentes a la fachada el cual presenta directa relación con la obtención de las presiones.

b) Determinación de las presiones en fachada.

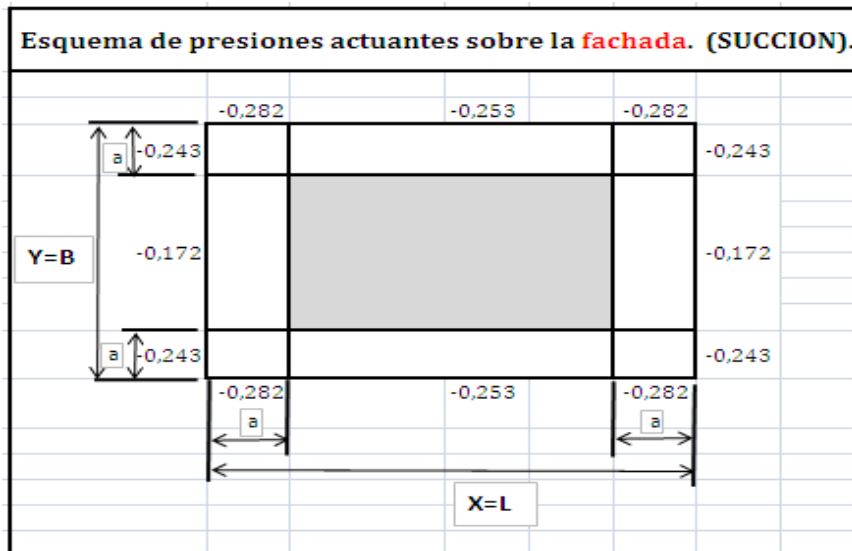
Tabla 3.11 Presiones en la fachada.

Categorías del viento		Tormentas severas		DT	TT	Huracán						
Velocidad del viento en km/h		$V_{10(z_{em})}$	30	45	60	90	Cat I	Cat II	Cat III	Cat IV	Cat V	
Presión del lugar		$q_{z,lugar}(t/m^2)$	0,004	0,010	0,017	0,039	0,067	0,116	0,155	0,211	0,301	
		$q_{z,lugar}(t/m^2)$	0,005	0,010	0,018	0,040	0,069	0,120	0,160	0,218	0,312	
Presión a la semi-altura de la cubierta		$q_{h,lugar}(t/m^2)$	0,005	0,011	0,019	0,043	0,073	0,126	0,169	0,230	0,329	
Fachada	SUCCION (G_{cp-})+(G_{cpi+})	Z4x	0,18	0,005	0,012	0,021	0,047	0,081	0,139	0,186	0,253	0,363
		Z5x	0,18	0,006	0,013	0,023	0,052	0,090	0,155	0,207	0,282	0,403
		Z4y	0,18	0,006	0,013	0,023	0,052	0,089	0,153	0,204	0,278	0,398
		Z5y	0,18	0,005	0,011	0,020	0,045	0,077	0,134	0,178	0,243	0,347
	PRESION (G_{cp+})+(G_{cpi-})	Z4x	-0,180	0,004	0,008	0,014	0,032	0,054	0,094	0,125	0,171	0,244
		Z5x	-0,180	0,004	0,009	0,016	0,037	0,063	0,109	0,146	0,199	0,285
		Z4y	-0,180	0,004	0,008	0,014	0,032	0,055	0,094	0,126	0,172	0,246
		Z5y	-0,180	0,003	0,007	0,013	0,030	0,051	0,088	0,117	0,160	0,229

En la obtención de los valores de presión intervienen factores como: la velocidad del viento la cual está estrechamente relacionada con la categoría del huracán y también los coeficientes de presión interna.

c) Esquemas de presiones en la fachada

Ya una vez definidos los valores de presión en la fachada se procede a mostrar cómo queda el esquema de succión y presión.



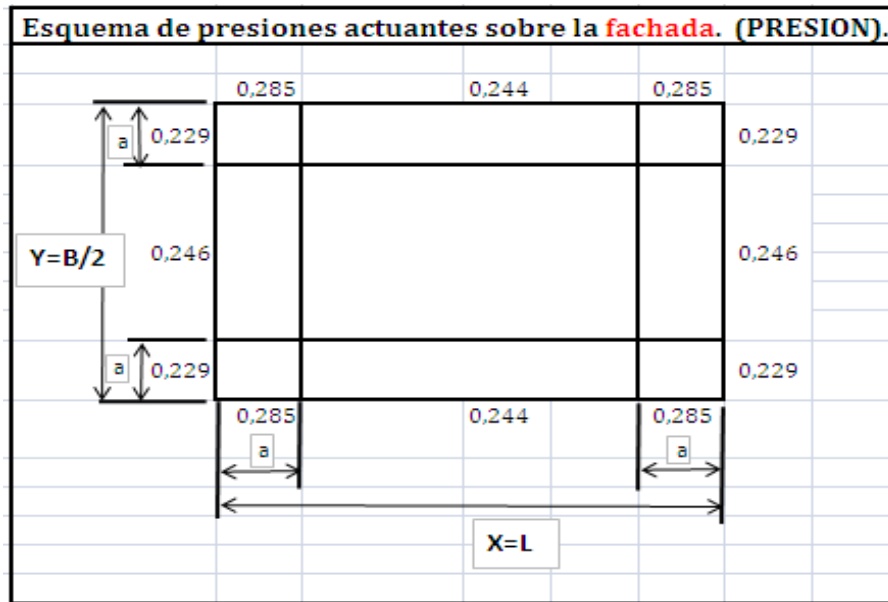


Figura 3.11 Esquemas de presiones actuante sobre la fachada.

Proceso de cálculo para la cubierta (SCR).

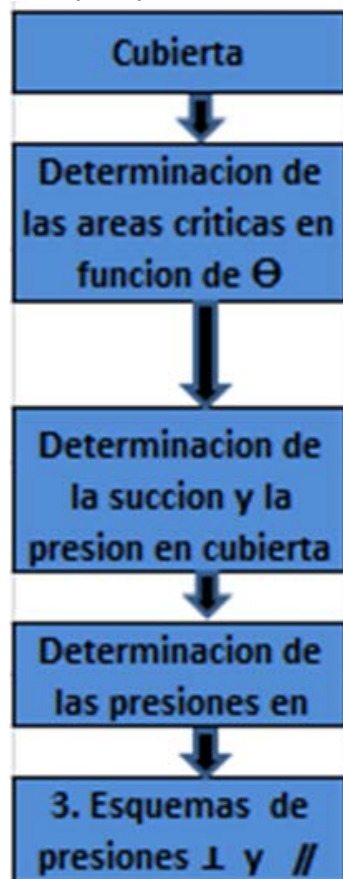


Figura 3.12Flujograma de cálculo para la cubierta del (SCR)

Determinación de las áreas de las zonas críticas de la cubierta.

Tabla 3.12 Áreas de la cubierta en función de la pendiente.

Áreas de las zonas de la cubierta en función de la pendiente.		
Valor de la pendiente en grados =		9,2
Criterio determinante		$\theta > 7^\circ$
Central	Z1=	140,6
Lateral longitudinal	Z2x=	46,9
Lateral transversal	Z2y=	4,7
Esquina	Z3=	1,6
Área total/2 =		250,0

En este paso se muestran los valores de las zonas críticas de la cubierta, dependiendo los mismos de la inclinación de la cubierta (θ).

a) Determinación de los coeficientes de succión y presión para la cubierta

Tabla 3.13 Coeficiente de Succión y presión para la cubierta

Determinación de los Coeficientes de Succión para la cubierta			
Pendiente	$\theta =$	9,2	
Zona	(GCP ₋)	m ²	t/m ²
Z1	GCP _{-zt1} =	140,6	0,80
Z2x	GCP _{x-zt2} =	46,9	1,20
Z2y	GCP _{x-zt2} =	4,7	1,31
Z3	GCP _{-zt3} =	1,6	2,41
Determinación de los Coeficientes de Presión para la Cubierta			
Pendiente	$\theta =$	9,2	
Zona	(GCP ₊)	m ²	t/m ²
Z1	GCP _{+zt1} =	140,6	0,20
Z2x	GCP _{x+zt2} =	46,9	0,30
Z2y	GCP _{y+zt2} =	4,7	0,36
Z3	GCP _{+zt3} =	1,6	0,88

Estos coeficientes al igual que en la fachada presentan una relación estrecha con la obtención de las presiones en la cubierta relacionando los mismos parámetros ya tratados en la fachada.

b) Determinación de las presiones en la cubierta

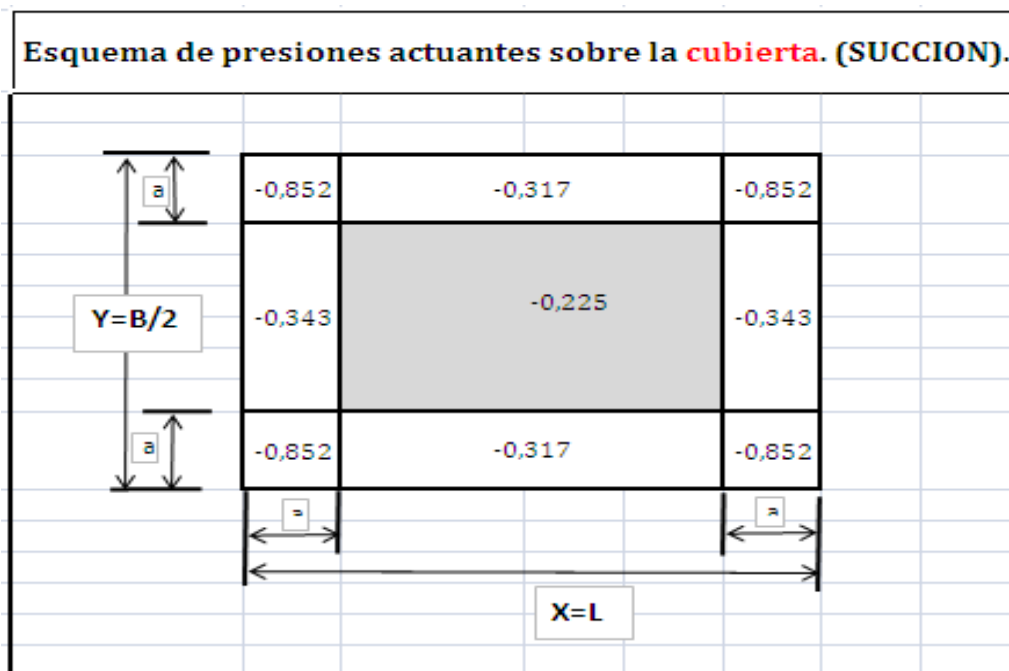
Tabla 3.14 Valores de las presiones en la cubierta.

Categorías del viento		Tormentas severas		DT	TT	Huracán						
						Cat I	Cat II	Cat III	Cat IV	Cat V		
Velocidad del viento en km/h	$V_{10(km)} =$	30	45	60	90	118	155	179	209	250		
Presión del lugar	$q_{10}(t/m^2) =$	0,004	0,010	0,017	0,039	0,067	0,116	0,155	0,211	0,301		
	$q_{z,lugar}(t/m^2) =$	0,005	0,010	0,018	0,040	0,069	0,120	0,160	0,218	0,312		
Presión a la semi-altura de la cubierta	$q_{h,lugar}(t/m^2) =$	0,005	0,011	0,019	0,043	0,073	0,126	0,169	0,230	0,329		
Cubierta	SUCCION (GCp-)+(Gcpi+)	Z1	0,98	0,005	0,010	0,019	0,042	0,072	0,124	0,165	0,225	0,322
		Z2x	1,38	0,007	0,015	0,026	0,059	0,101	0,175	0,233	0,317	0,454
		Z2y	1,49	0,007	0,016	0,028	0,064	0,109	0,189	0,252	0,343	0,491
		Z3	2,59	0,013	0,028	0,049	0,110	0,190	0,328	0,437	0,596	0,852
	PRESION (GCp+)+(Gcpi-)	Z1	0,02	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003	0,003	0,005	0,007
		Z2x	0,12	0,001	0,001	0,002	0,005	0,009	0,015	0,020	0,028	0,039
		Z2y	0,18	0,001	0,002	0,003	0,008	0,013	0,023	0,030	0,041	0,059
		Z3	0,70	0,003	0,007	0,013	0,030	0,051	0,088	0,117	0,160	0,229

Como se mostró en el proceso de la fachada los valores de presión continúan dependiendo de la acción del viento y de los coeficientes de presión obtenidos.

c) Esquemas de presiones en la cubierta.

Ya obtenidos los valores se indica cómo queda finalmente el esquema de las presiones en la cubierta tanto para succión como para la presión.



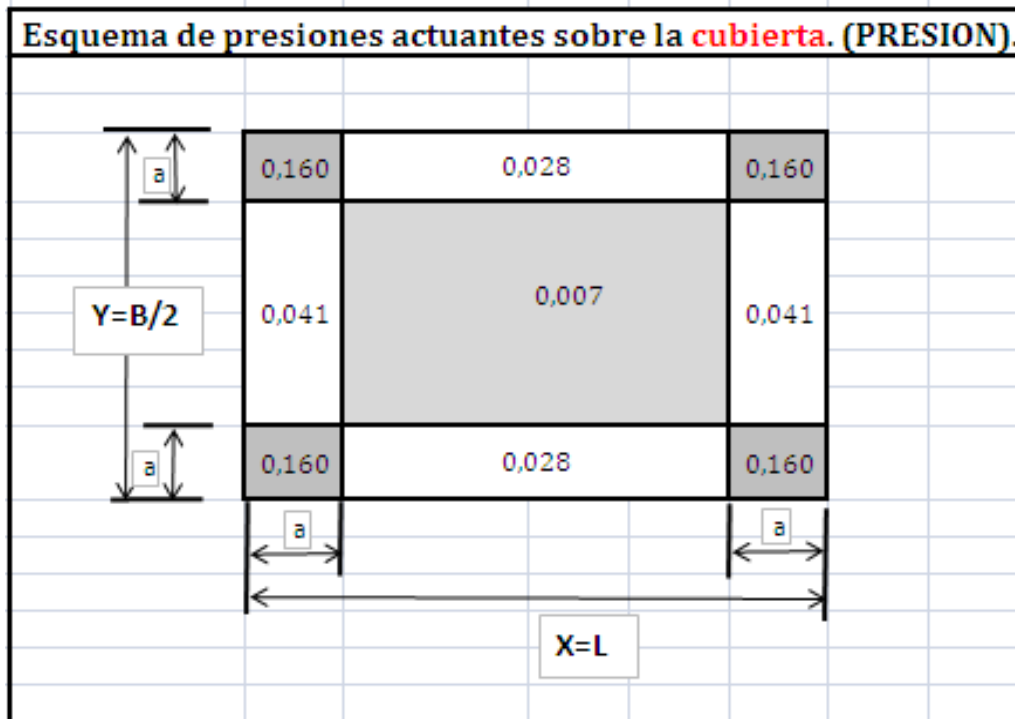


Figura 3.13 Esquemas de las presiones actuantes en la cubierta

Conclusiones:

1. Al estudiar el estado del arte del tema se concluye que la Norma Cubana NC 285-2003 no está actualizada en comparación con las normas líderes en esta temática (la ISO 4354, ASCE -7-10).
2. Se desarrolló un procedimiento que permite obtener las cargas provocadas por vientos extremos para el sistema principal resistente al viento y para la envolvente de una nave industrial, en dependencia de la velocidad de los vientos extremos.
3. Se desarrolló un algoritmo de cálculo basado en la NC:285-2003 para el Sistema Principal Resistente al Viento y para el Sistema de Componentes y Revestimiento aplicada a una Nave Industrial a 2 aguas empleando un sistema de tablas para su cálculo.

Recomendaciones:

1. Se recomienda la utilización de esta metodología de cálculo en la confección de los estudios de riesgos a las estructuras de este tipo y la continuación de las investigaciones de esta índole, principalmente en el tema de la confiabilidad estructural en lo cual nos encontramos avanzando en otros temas investigativos.
2. Aplicar los conceptos de confiabilidad estructural mediante el índice β para la evaluación del riesgo.

Referencias bibliográficas:

- (2003). *Carga de Viento. Método de Cálculo.* La Habana.
- (2009). *ISO 4354 Wind action on structures.*
- (2010). *Minimum Design Load for Buildings and other Structures.* American Society of Civil Engineers.
- Blanco, H. . (2012). Factores que intervienen en la norma cubana de cálculo que intervienen en las cargas de viento en las estructura. *Ingeniería Civil.*
- Departamento de Protección. (2005). Guía para realización de estudios de riesgo para situación de desastre.
- Hernandez, P., & Blanco, R. (2013). *Criterios para el diseño de estructuras resistentes a huracanes.* Cienfuegos, Cuba.
- Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa. (2011). *Norma y Especificaciones para estudio, Proyectos, construcción e instalaciones.* (Vol. Seguridad estructural.). Mexico.
- Niño, M. (2013). *FUNCIONES DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL PARA LA ESTIMACIÓN DEL.* Mexico.
- Secretaria de estado de obras públicas y comunicaciones. (1980). Recomendaciones provisionales para el análisis por viento de estructura. *Boletín Informativo.*

Bibliografía:

- 1) ASCE-7 (2010) "Minimum Design Load for Buildings and other structures" ISBN 978-0-7844-1085-1.
- 2) Boletín técnico informativo (1980) Recomendaciones provisionales para el análisis por viento de estructuras (República Dominicana).
- 3) Castro, Hugo G; De Bortolli, Mario (2006) Análisis de Valores extremos de mediciones de velocidad.
- 4) Código Modelo de Construcción para cargas de Viento (2003) Association of Caribbean States.
- 5) Escala Saffir-Simpson; consultado en www.aoml.gov/general/laesca.html
- 6) Hernández Delgado, Pedro A, Blanco Heredia, Rene (2013) Criterio para el diseño de estructuras resistentes al viento Cienfuegos (Cuba).
- 7) ISO (2009) Wind action on structures. ISO 4354:2009(E).
- 8) Llanes Burón, Carlos (2002) Las Normas de Cálculo y la Gestión de Riesgo
- 9) National Institute of Building Sciences (2012) "Wind Safety of the Building Envelope" [online], disponible en la internet en <http://www.wbdg.org>
- 10) New 2010 Florida Building Code (2010) Posts tagged: high velocity hurricane zone [online], disponible en la internet en <http://permitsource.net>
- 11) Norma Cubana NC 285; (2003). "Carga de viento. Método de cálculo"; Oficina Nacional de Normalización; 1ra edición; Junio 2013.
- 12) Norma Mexicana (2011) "Normas y Especificaciones para estudios y proyectos de construcción e instalaciones". Parte III Diseño por Viento.
- 13) Sonzogni, E Victorino, P. (2012). "Efectos del viento sobre las construcciones". [en línea]. Enero 2013. . Disponible en: <http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/acción-viento>.
- 14) The Wind Engineer (septiembre 2003) disponible en www.aawe.org.