

INSTITUTO URUGUAYO
DE NORMAS TECNICAS

UNIT
50:84

2ª Revisión

Edición
1994- 08-12

Acción del viento sobre construcciones



Número de referencia
UNIT 50:84



NORMA PARA
ACCION DEL VIENTO SOBRE CONSTRUCCIONES

INDICE

0 – INTRODUCCION

1 – OBJETO

2 – CAMPO DE APLICACION

2.1	Definición General	7
2.2	Ensayos en túnel de viento	7
2.3	Solicitud dinámica	8

3 – DEFINICIONES

4 – SIMBOLOS

4.1	Generalidades	12
4.2	Letras minúsculas romanas	12
4.3	Letras mayúsculas romanas	13
4.4	Letras griegas	14

5 – CONSIDERACIONES GENERALES

5.1	Dirección del viento	15
5.2	Casos a considerar en el cálculo	15
5.3	Definición de presiones o acciones unitarias	15
5.4	Definición de acciones	16

6 – CALCULO DE SOLICITACIONES

6.1	Definición de presiones y acciones	17
6.1.1	Generalidades	17
6.1.2	Acciones puntuales. Presiones	17
6.1.3	Acciones	18
6.2	Velocidad de cálculo	18

6.2.1	Definición.....	18
6.2.2	Velocidad característica	18
6.2.3	Efecto de la topografía	19
6.2.4	Efecto de la altura	19
6.2.5	Rugosidad	21
6.2.6	Efecto de las dimensiones.....	22
6.2.7	Factor de seguridad.....	22
6.3	Síntesis del proceso	25

7 – RELACION CON LAS NORMAS ESTRUCTURALES

7.1	Generalidades	27
7.2	Método de los estados límites.....	27
7.3	Método de las tensiones admisibles	27

8 – CONSTRUCCIONES PRISMATICAS DE BASE RECTANCULAR

8.1	Prescripciones generales	29
8.1.1	Características de la construcción	29
8.1.2	Relación de dimensiones	31
8.1.3	Factor de forma	31
8.1.4	Casos particulares	31
8.2	Presiones exteriores.....	32
8.2.1	Paredes	32
8.2.2	Cara inferior de construcciones separadas del suelo.....	32
8.2.3	Cubiertas. Techos únicos	32
8.2.4	Cubiertas. Techos múltiples	36
8.3	Presiones interiores	37
8.3.1	Valores límites	37
8.3.2	Aclaraciones.....	37
8.4	Presiones unitarias resultantes	37
8.5	Acciones de conjunto.....	39
8.6	Acciones locales	39
8.6.1	Aristas verticales	39
8.6.2	Bordes de techado	39
8.6.3	Angulos de cubiertas	39
8.6.4	Otras acciones locales	39
8.6.5	Valores límites	39
8.7	Construcciones prismáticas de base rectangular o asimilables de características especiales, apoyadas o no sobre el suelo	39
8.7.1	Plantas asimilables a un rectángulo.....	41
8.7.2	Construcciones con fachadas paralelas y con escalonamiento en planta	41

**9 – CONSTRUCCIONES PRISMATICAS DE BASE POLIGONAL REGULAR
Y CONSTRUCCIONES CILINDRICAS**

9.1	Prescripciones generales.....	42
9.1.1	Dirección del viento	42
9.1.2	Relación de dimensiones	42
9.1.3	Clasificación.....	43
9.1.4	Factor de forma.....	44
9.2	Presiones exteriores.....	46
9.2.1	Paredes.....	46
9.2.2	Cubiertas.....	46
9.2.3	Cara inferior de construcciones separadas del suelo.....	46
9.3	Presión interior	49
9.3.1	Construcciones cerradas	49
9.3.2	Construcciones abiertas.....	50
9.4	Presión resultante	50
9.5	Acción de conjunto	50
9.5.1	Prismas y cilindros de generatrices verticales	50
9.5.2	Prismas y cilindros de generatrices horizontales.....	50
9.5.3	Construcciones macizas o cerradas estancas	52
9.5.4	Coefficiente global de empuje	52

10 – PANELES LLENOS Y CUBIERTAS AISLADAS

10.1	Paneles llenos	54
10.1.1	Características.....	54
10.1.2	Dirección del viento	54
10.1.3	Relación de dimensiones	54
10.1.4	Acción resultante total.....	55
10.1.5	Coefficiente global de empuje.....	56
10.1.6	Acción de conjunto	56
10.2	Cubiertas aisladas	56
10.2.1	Generalidades	56
10.2.2	Cubiertas de una vertiente.....	57
10.2.2.1	Generalidades	57
10.2.2.2	Dirección del viento	57
10.2.2.3	Relación de dimensiones	57
10.2.2.4	Acciones unitarias resultantes	58
10.2.2.5	Acciones de conjunto.....	59
10.2.3	Cubiertas de dos vertientes simétricas.....	59
10.2.3.1	Generalidades	53
10.2.3.2	Dirección del viento	60
10.2.3.3	Relación de dimensiones	60
10.2.3.4	Acciones unitarias resultantes	61
10.2.3.5	Acciones de conjunto.....	63
10.2.4	Cubiertas simétricas múltiples	63

10.2.4.1 Generalidades	63
10.2.4.2 Acciones unitarias resultantes	64
10.2.4.3 Acciones de conjunto	64

11 – CONSTRUCCIONES PLANAS CON ABERTURAS CONSTRUCCIONES RETICULADAS

11.1 Prescripciones generales	65
11.1.1 Clasificación	65
11.2 Elementos lineales	35
11.2.1 Características	65
11.2.2 Relación de dimensiones	66
11.2.3 Clasificación de las barras	66
11.2.4 Barras con aristas vivas o poco redondeadas	66
11.2.5 Barras de contorno circular	70
11.3 Elementos planos	72
11.3.1 Características	72
11.3.2 Elementos planos únicos	72
11.3.3 Elementos planos múltiples	74
11.3.4 Valor de las presiones sobre los diferentes planos	75
11.4 Elementos espaciales	75
11.4.1 Características	75
11.4.2 Clasificación	76
11.4.3 Torres formadas por barras de aristas vivas o poco redondeadas	76
11.4.4 Torres formadas por barras de contorno circular, macizas o huecas	81

12 – CONSTRUCCIONES DIVERSAS

12.1 Cubiertas de construcciones cuya base es un polígono regular o un círculo	86
12.1.1 Casquetes esféricos	86
12.1.2 Conos y pirámides	88
12.2 Construcciones abovedadas, sin lucernarios, apoyadas directamente sobre el suelo	88
12.2.1 Bóveda aislada	88
12.2.2 Bóvedas gemelas	89
12.3 Hilos y cables	89
12.3.1 Generalidades	89
12.3.2 Generatrices perpendiculares a la dirección del viento	89
12.3.3 Generatrices inclinadas con respecto a la dirección del viento	90
12.4 Construcciones derivadas de la esfera	91
12.5 Banderas	91

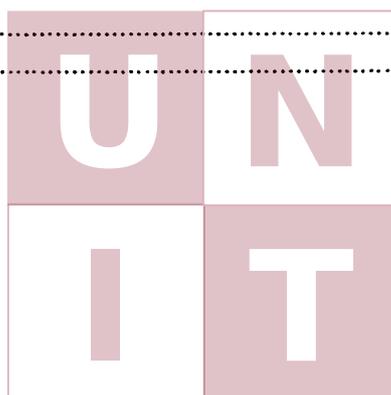
13 – ANEXOS Y NOTAS

13.1 Solicitud dinámica	93
13.2 Excepciones	93

13.3	Interferencias	93
13.4	Estudio estadístico de (v).....	93
13.5	Variación con la altura.....	94
13.6	Factor K_d	96
13.7	Fijación de K_k	97
13.8	Aclaración al grupo D	98
13.9	Vida útil y probabilidad	98
13.10	Combinación de cargas y nivel de construcción	99
13.11	Aplicación de la Norma DIN 1045 (Ediciones 1972 - 1978).....	100
13.12	Método de las tensiones admisibles	101
13.13	Ejemplos diversos	101

INFORME CORRESPONDIENTE A LA NOTA

1.	Introducción	116
2.	Consideraciones	117
3.	Integración del Comité	117
4.	Antecedentes	118



Si este documento no tiene el membrete y logo de UNIT en color rojo, es una copia no autorizada



Si este documento no tiene el membrete y logo de UNIT en color rojo, es una copia no autorizada

NORMA PARA ACCION DEL VIENTO SOBRE CONSTRUCCIONES

0 – INTRODUCCION

La presente norma UNIT 50 - 84 sustituye en su totalidad a la UNIT 50 - 48 y contiene en su primera parte una revisión de la UNIT 50 - 82, Parte I. Se complementa con la norma UNIT 33 - 46, o revisión respectiva, referente a las cargas de origen gravitatorio.

1 – OBJETO

- 1.1 Esta norma establece el procedimiento para determinar los efectos del viento sobre las construcciones, así como también establece el criterio para hallar la magnitud de las fuerzas o sollicitaciones que deben tenerse en cuenta para el proyecto de las estructuras de acuerdo con los dos métodos de cálculo: tensiones admisibles y estados límites.
- 1.2 Los capítulos 1 al 7 contienen las referencias generales, información básica sobre las velocidades del viento en el Uruguay, la forma de determinar la “velocidad de cálculo” y la síntesis del proceso de determinación de la “presión dinámica de cálculo” en relación con las normas de cálculo estructural.
- 1.3 Los capítulos 8 al 12 contienen los “coeficientes de presión y de forma” a aplicar a la presión dinámica de cálculo para obtener las presiones o acciones para una serie de elementos aislados, partes o totalidad de las construcciones.
- 1.4 El capítulo 13 contiene ejemplos y notas aclaratorias.

2 – CAMPO DE APLICACION

2.1 Definición General

- 2.1.1 Esta norma se aplica a los edificios en general y a otras construcciones o estructuras análogas, cuando ello se indique especialmente. Para otro tipo de estructuras (torres de transmisión, puentes, etc.) se aplicarán estas disposiciones cuando se haga referencia en las normas particulares respectivas.

2.2 Ensayos en túnel de viento

- 2.2.1 En el caso de edificios de forma, dimensiones o ubicación excepcionales se deberá analizar la aplicabilidad de esta norma, especialmente las disposiciones de los capítulos 8 al 12, en cuyo caso se deberá realizar ensayos sobre modelos en túnel de viento, cuyos resultados podrán prevalecer sobre las disposiciones de esta norma.

2.2.2 También podrá utilizarse resultados de otros ensayos realizados sobre casos análogos, siempre que estén debidamente documentados y cuya aplicabilidad al caso en estudio se demuestre adecuadamente.

2.3 **Solicitud dinámica**

2.3.1 Serán objeto de estudios especiales aquellas construcciones que puedan estar sometidas a oscilaciones importantes por efecto de la acción del viento.

Puede aceptarse que la acción del viento (y la deformación consiguiente) es de carácter estático cuando por las características de la construcción (forma, dimensiones, esquema estructural, propiedades mecánicas de los materiales, etc.) se puede considerar que se trata de una construcción rígida. En general se considera que se cumple dicha condición cuando el período propio de oscilación (modo fundamental) es menor que un segundo.

2.3.2 Cuando existan dudas sobre el carácter estático de las solicitudes se seguirá los procedimientos de cálculo establecidos por la norma que redacte este Instituto. (Ver. 13.1).

3 – DEFINICIONES

3.1 En este capítulo se dan las definiciones de los términos utilizados en la presente norma.

3.2 **Acción.** Es la fuerza, o valor derivado, que se ejerce sobre elementos, partes o totalidad de una construcción, o su componente según determinada dirección.

3.3 **Acción de conjunto.** Es la resultante de las fuerzas derivadas de la acción del viento aplicadas a las diversas partes de una construcción.

3.4 **Acciones locales.** Son las acciones del viento particularmente acentuadas en ciertas zonas localizadas de las construcciones.

3.5 **Acciones unitarias resultantes.** Son las presiones que resultan de la combinación más desfavorable de los coeficientes de presión de las acciones unitarias exteriores e interiores.

3.6 **Altura gradiente.** Es la altura en la cual la corriente de aire es homogénea con una velocidad que depende exclusivamente de las condiciones atmosféricas generales.

3.7 **Area de referencia.** Es el área real o convencional de una construcción o parte de ella que se usa conjuntamente con los coeficientes de forma para calcular las acciones, cuyos valores se dan en los capítulos 8 al 12.

3.8 **Area efectiva.** Es el área del reticulado o panel perpendicular a la dirección del viento, descontando huecos.

3.9 **Area total.** Es el área encerrada dentro del perímetro exterior del reticulado o panel, perpendicular a la dirección del viento, incluyendo huecos.

- 3.10 **Barlovento.** Es la parte de la superficie expuesta al viento. Sería la parte "iluminada" cuando sobre la construcción incide un rayo luminoso paralelo a la dirección del viento.
- 3.11 **Borde de ataque.** Es el borde de una cubierta aislada colocado a barlovento.
- 3.12 **Borde de fuga.** Es el borde de una cubierta aislada colocado a sotavento opuesto al de barlovento.
- 3.13 **Coefficiente aerodinámico.** Es el coeficiente del que depende la fuerza componente de la acción del viento sobre una barra y es función de la relación de dimensiones λ .
- 3.14 **Coefficiente de forma.** Es el coeficiente utilizado en ciertos casos para calcular las acciones a partir de la presión dinámica de cálculo y de las áreas de referencia. Sus valores se dan en los capítulos 8 al 12.
- 3.15 **Coefficiente de presión.** Es el coeficiente que depende de la forma y dimensiones de la construcción, de la ubicación del punto sobre la misma, la rugosidad de las paredes, la posición de la construcción con respecto a la dirección del viento y respecto a las construcciones vecinas. Las sobrepresiones se indican con signo positivo y las depresiones (succiones) con signo negativo. En los capítulos 8 al 12 de esta Norma se fijan los valores a tomar en cada caso.
- 3.16 **Coefficiente de mayoración de cálculo y ejecución.** Es el coeficiente que tiene en cuenta errores e imprecisiones en el cálculo y ejecución de la construcción.
- 3.17 **Coefficiente de mayoración de la acción o sollicitación.** Es el coeficiente que tiene en cuenta las indeterminaciones y errores en la determinación de la velocidad característica y la magnitud de la seguridad requerida.
- 3.18 **Coefficiente de mayoración por superposición de cargas.** Es el coeficiente que tiene en cuenta la menor probabilidad de la simultaneidad de los valores máximos de las diversas sollicitaciones.
- 3.19 **Coefficiente de reducción.** Es el coeficiente que toma en cuenta una disminución sobre las partes protegidas de los elementos posteriores al primero.
- 3.20 **Coefficiente global de empuje.** Es el coeficiente de forma usado para el cálculo de la fuerza de empuje.
- 3.21 **Coefficiente global de levantamiento.** Es el coeficiente de forma usado para el cálculo de la fuerza de levantamiento.
- 3.22 **Construcciones abiertas.** Son aquellas construcciones en las que por lo menos una de las paredes presenta o puede presentar en ciertos momentos un índice de permeabilidad mayor o igual al 35%.

- 3.23 Construcciones cerradas. Son aquellas construcciones cuyas paredes tienen un índice de permeabilidad menor o igual al 5 %
- 3.24 Construcciones cerradas estancas. Son aquellas construcciones cuyas paredes tienen un índice de permeabilidad cero, aún en forma accidental.
- 3.25 Construcciones parcialmente abiertas. Son aquellas construcciones en que por lo menos una de las paredes presenta o puede presentar en ciertos momentos un índice de permeabilidad comprendido entre el 5 % y el 35 % .
- 3.26 Factor de altura. Es el coeficiente que tiene en cuenta la variación de la velocidad del viento con la altura.
- 3.27 Factor de dimensiones. Es el coeficiente que toma en cuenta la irregular distribución espacial de la velocidad del viento y su efecto sobre la presión media sobre la superficie.
- 3.28 Factor de forma. En general: es un coeficiente del cual dependen los coeficientes de presión y es función de las relaciones de dimensiones de una construcción.
Capítulo 13: Parámetro de distribución de velocidad de Fréchet.
- 3.29 Factor de seguridad. Es el coeficiente que toma en cuenta los aspectos funcionales y de seguridad requeridos por la construcción. Su valor está referido a la velocidad característica o a la velocidad básica.
- 3.30 Factor topográfico. Es el coeficiente que toma en cuenta las modificaciones locales de la velocidad del viento de la zona provocada por formas topográficas particulares.
- 3.31 Fuerza de empuje o de volcamiento. Es la componente horizontal de la acción de conjunto coincidente en general con la dirección del viento.
- 3.32 Fuerza de levantamiento. Es la componente vertical de la acción de conjunto.
- 3.33 Índice de permeabilidad. Es la relación entre el área de las aberturas de una parte de la construcción y el área total de esa parte.
- 3.34 Nivel de referencia. Es el nivel ficticio del terreno en el lugar donde se determina el coeficiente establecido en 3.26.
- 3.35 Período de retorno. Es el número promedio de años que se puede esperar que transcurran entre velocidades que excedan un valor dado, correspondiente a una determinada probabilidad anual.
- 3.36 Presión de cálculo. Es la presión (acción unitaria) que se ejerce sobre un punto genérico de una superficie sometida a la acción del viento.

- 3.37 **Presión dinámica de cálculo.** Es la presión estática efectiva que existe en un punto de una superficie sometida a una corriente de aire en régimen permanente y uniforme, donde un filete incide normalmente a la misma, anulándose su velocidad.
- 3.38 **Probabilidad anual.** Es la probabilidad de que el valor máximo de la velocidad registrada en uno cualquiera de los años no supere un valor determinado.
- 3.39 **Probabilidad en un período “n”.** Es la probabilidad de que aparezca una velocidad mayor que un valor determinado en los “n” años estimados como vida útil de la construcción.
- 3.40 **Relación de dimensiones.** Es la relación entre dos valores geométricos definidos en cada capítulo.
- 3.41 **Relación de solidez.** Es la relación entre el área efectiva y el área total de un reticulado o panel.
- 3.42 **Rugosidad.** Capítulo 6: Es la característica del terreno circundante a la construcción. Capítulo 12: En el caso de hilos es la relación entre la profundidad media de las irregularidades y su diámetro (circunferencia circunscripta). En el caso de cables es la relación entre el radio de los torones exteriores y su diámetro (circunferencia circunscripta).
- 3.43 **Solicitud de cálculo.** Es el valor de la solicitud (presiones, acciones, etc.) que se tomará como valor final del efecto del viento para el cálculo estructural (con la notación semiprobabilista respectiva).
- 3.44 **Sotavento.** Es la parte de la superficie no expuesta al viento o paralela a su dirección. Sería la parte “no iluminada” o bajo incidencia rasante cuando sobre la construcción incide un rayo luminoso paralelo a la dirección del viento.
- 3.45 **Superficie maestra.** Es la proyección ortogonal del elemento considerado o del conjunto de la construcción, sobre un plano perpendicular a la dirección del viento.
- 3.46 **Superficies protegidas.** En cubiertas de techos múltiples, son aquéllas situadas por debajo de la superficie descrita por una generatriz con una pendiente de 20% hacia el suelo y apoyada sobre el contorno aparente de las superficies protectoras.
- 3.47 **Velocidad básica.** Es la velocidad del viento que tiene una probabilidad $P= 0.98$ de no ser superada en cualquier año, medida en las condiciones fijadas por la Norma.
- 3.48 **Velocidad característica.** Es la velocidad del viento que tiene una probabilidad $P= 0.95$ de no ser superada en cualquier año, medida en las condiciones fijadas por la Norma.
- 3.49 **Velocidad de cálculo.** Es el valor de la velocidad del viento que se utiliza para obtener la presión de cálculo. Es la velocidad del viento que incide efectivamente sobre la construcción.

- 3.50 **Velocidad de referencia.** Es el parámetro de la distribución de Fréchet. Corresponde la probabilidad $P = 0,37$.
- 3.51 **Velocidad gradiente.** Es la velocidad del viento en la altura gradiente, a partir de la cual es constante.
- 3.52 **Vida útil.** Es el lapso durante el cual se estima que se cumple el ciclo de utilidad de una construcción y al cual debe referirse la probabilidad de ruina.

4 – SIMBOLOS

4.1 **Generalidades.** En este capítulo se dan los símbolos de los términos utilizados en la presente norma.

4.2 **Letras minúsculas romanas**

- a en general: mayor dimensión de una planta rectangular
Capítulo 8: ver tabla 8.2
Capítulo 12: lado de base de pirámide
- a' Capítulo 8: ver tablas 8.2 y 8.3
- b menor dimensión de una planta rectangular
- c en general: coeficiente de presión
- c_e coeficiente de presión en la superficie exterior
- c_i coeficiente de presión en la superficie interior de una construcción cuando corresponda
- c_m promedio de los valores de c existentes en los bordes de ataque y de fuga de paneles planos simples
- c'_e coeficiente de presión correspondiente a una acción local
- d diámetro
- d_M ancho de la superficie maestra
- e en general: separación mínima del suelo de una construcción
Capítulo 11: dimensión transversal de una barra
- e_α dimensión transversal de una barra normal a la dirección del viento
- f flecha de una cubierta plana a dos aguas o de una bóveda o de un casquete esférico
- g profundidad media de las irregularidades de un hilo
- h altura de una construcción
- h_α dimensión de una vertiente según la línea de máxima pendiente
- i pendiente del terreno
- k rugosidad
- k_λ coeficiente aerodinámico que depende de la relación de dimensiones
- l Capítulo 9: longitud de las generatrices en el caso de prismas y cilindros de generatrices horizontales
Capítulo 10: dimensión horizontal de un panel
Capítulo 11: longitud de una barra
- m factor de forma en la fórmula de Fréchet
- n Capítulo 6: vida útil de la construcción
Capítulo 9: número de lados de la base de una construcción prismática

- Capítulo 11: coeficiente que permite obtener la componente F_n
- P, P_1 probabilidad en un período n
- p_c presión de cálculo
- q_1 Capítulo 8: ver tabla 8.3
- q_c presión dinámica de cálculo
- q_{cm} valor medio de la presión dinámica de cálculo
- r rugosidad
- r' radio de los torones exteriores
- t coeficiente que permite obtener la componente F_t
- v velocidad en general
- v_c velocidad de cálculo
- v_g velocidad gradiente
- v_k velocidad característica
- v_o velocidad básica
- v_s velocidad correspondiente al factor de seguridad k_s
- v_z velocidad a "z" metros de altura
- v_{10} velocidad a 10 metros de altura
- w fuerza aplicada por unidad de longitud a hilos y cables
- z altura sobre el nivel de referencia
- z_g altura gradiente

4.3 Letras mayúsculas romanas

- A** en general: área de referencia
- A_B** área de la base en conos y pirámides
- A_e** área efectiva
- A_S** área de la sección recta de un cilindro
- A_t** área total
- C** en general: coeficiente de forma
Capítulo 10: coeficiente global de empuje
en dibujos en su lugar se utiliza \hat{C}
- C_E** coeficiente global de empuje sobre una placa o barra
Capítulo 12: coeficiente de forma
- C'_E** Capítulo 12: coeficiente global de empuje referido a la superficie de la base del casquete esférico
- C_L** coeficiente global de levantamiento
- C_N** coeficiente de forma según la dirección N
- C_r** constante de proporcionalidad en la expresión de K_z
- C_t** Capítulo 9: coeficiente global de empuje
Capítulo 11: coeficiente de forma para barras de contorno circular.
- C_T** coeficiente de forma según la dirección T
- C_{t_o}** coeficiente global de empuje básico
- C_x** coeficiente de forma según la dirección x
- C_y** coeficiente de forma según la dirección y
- E** componente horizontal de la acción de conjunto, de empuje o volcamiento
- F** en general: acción o fuerza aplicada resultante

- F_c acción de cálculo
 F_n componente de la acción del viento perpendicular a la cara considerada
 F_N componente de la acción del viento según la dirección N
 F_t componente de la acción del viento paralela a la cara considerada
 F_T componente de la acción del viento según la dirección T
 F_x componente de la acción del viento según la dirección x
 F_y componente de la acción del viento según la dirección y
 K_d factor de dimensiones
 K_k factor de seguridad (referido a la velocidad característica)
 K_s factor de seguridad (referido a la velocidad básica)
 K_t factor topográfico
 K_z factor de altura
L fuerza de levantamiento o componente vertical de la acción de conjunto sobre una construcción
P, P_1 probabilidad anual
R Capítulo 6: período de retorno o recurrencia
Capítulo 12: resultante de las fuerzas de empuje y levantamiento.
 R_α acción perpendicular al eje del hilo, cable, cuando la dirección del viento forma un ángulo α con el mismo
S separación entre dos o más estructuras paralelas
 S_c Solicitación (como expresión general de presiones y acciones)
 S^o Solicitación de cálculo

4.4 Letras griegas

- α en general: ángulo de una superficie plana o de la tangente en un punto de una superficie curva con la dirección del viento, expresado en grados
Capítulo 11: ver tabla 11.2
Capítulo 12: ángulo que forma la dirección del viento con el eje longitudinal del hilo o cable, expresado en grados
 β velocidad de referencia en la fórmula de Fréchet
 γ factor de forma de una construcción, que depende de la relación de dimensiones λ
 γ_e factor de forma de una construcción separada del suelo ($e \leq h$)
 γ_h factor de forma de una construcción separada del suelo ($e > h$)
 γ_t coeficiente de mayoración global
 γ_o factor de forma de una construcción apoyada en el suelo
 γ_α factor de forma de paneles aislados
 γ_1 coeficiente de mayoración por superposición de cargas
 γ_2 coeficiente de mayoración por nivel de cálculo y ejecución
 γ_3 coeficiente de mayoración de la acción o sollicitación
 λ relación de dimensiones de un elemento o una construcción, definida en cada caso
 μ índice de permeabilidad expresado en %
 η coeficiente de reducción.
 θ exponente en la expresión de K_z
 φ relación de solidez de un elemento plano con aberturas ($\varphi = A_e/A_t$)
 χ coeficiente de corrección del coeficiente global de empuje de una estructura reticulada, que depende de la naturaleza de la misma
 ν coeficiente de seguridad

5 – CONSIDERACIONES GENERALES

5.1 Dirección del viento

5.1.1 En general se admite que el viento presenta dirección horizontal o sea que se desprecia su componente vertical, excepto en los casos de construcciones muy sensibles al ángulo de incidencia del viento, casos que serán expresamente mencionados.

5.1.2 Asimismo deberá considerarse la posibilidad de un viento paralelo a la superficie del terreno circundante cuando exista una topografía de características excepcionales (ver 13.2).

5.1.3 Se supondrá que el viento puede soplar según cualquier azimut, realizando el cálculo de cada caso para la dirección más desfavorable para la construcción (ver 5.2).

5.2 Casos a considerar en el cálculo

5.2.1 La acción del viento sobre una construcción debe ser calculada para los siguientes casos:

- a) estabilidad general de la construcción
- b) elementos estructurales componentes de la misma (cubiertas, muros, entramados, etc.)
- c) partes o elementos no integrantes de la estructura resistente principal: recubrimiento, tejados, vidrieras, etc. y sus elementos de fijación.

5.2.2 El estudio podrá limitarse a las direcciones principales de la construcción cuando su simetría lo justifique, con excepción de aquellos casos en que se indique expresamente.

5.2.3 En el caso de construcciones rodeadas total o parcialmente por otras construcciones se pueden producir modificaciones en la distribución de velocidades, las cuales se tomarán en cuenta, solamente, cuando tengan efectos desfavorables (ver 13.3). Esta alteración se hará efectiva a través de una modificación de los coeficientes de presión o de forma de acuerdo con lo que se indique expresamente.

5.3 Definición de presiones o acciones unitarias

5.3.1 La presión o acción unitaria de cálculo (p_c) se define en 6.1.2 como:

$$p_c = c \cdot q_c$$

donde:

q_c presión dinámica de cálculo, en daN/m^2

c coeficiente de forma, adimensional;

5.3.2 El coeficiente de presión (c) llevará signo positivo o negativo según se trate de una sobrepresión o de una depresión (succión), referidas a la presión atmosférica, respectivamente.

- 5.3.3 Cuando se trata de cuerpos sólidos o huecos herméticamente cerrados, o cuando interesa solamente el efecto global sobre ese volumen, el efecto del viento proviene exclusivamente de las presiones existentes en la superficie exterior.
- 5.3.4 Cuando se trata de cuerpos huecos no herméticos o de superficies, el efecto del viento sobre un elemento resultará de la superposición de las presiones existentes en dicho elemento.
- 5.3.5 En el caso del artículo anterior existen en un mismo punto dos coeficientes de presión relativos a cada una de las caras, los cuales serán designados en la forma siguiente:

c_1 y c_2 cuando se refieren a las caras a barlovento y sotavento respectivamente.
 c_e y c_i cuando se refieren a la cara exterior y a la interior respectivamente, del cerramiento de un volumen interiormente hueco.

5.4 Definición de acciones

5.4.1 La acción es la fuerza, o valor derivado de ella, que se ejerce sobre elementos, parte o totalidad de una construcción cuyo valor se halla por integración de las presiones existentes en las superficies componentes.

5.4.2 Acción o fuerza (F) ejercida por el viento sobre una superficie. Está dada por una relación del tipo:

$$F = C \cdot A \cdot q_c$$

donde:

- F acción o fuerza en daN (1);
 C coeficiente de forma, adimensional;
 A área definida en cada caso particular, en m²;
 q_c presión dinámica de cálculo, en daN/m²

5.4.3 Acción de conjunto

La acción de conjunto ejercida por el viento sobre una construcción o parte de ella es la resultante vectorial de las fuerzas ejercidas sobre cada una de las superficies planas o curvas que forman el complejo estudiado, fuerza que, en general, no es susceptible de cálculo directo.

Cuando las características de la construcción permiten obtener expresiones simples para determinadas componentes de la resultante general (F) éstas se obtendrán con una expresión del tipo:

$$F = C \cdot A \cdot q_c$$

(1) A los efectos de cálculo se puede considerar 1 daN = 1 kgf

donde:

- F acción de conjunto, en daN;
- C coeficiente de forma, adimensional.
- A área definida en cada caso particular, en m² ;
- q_c presión dinámica de cálculo, en daN/m² .

6 – CALCULO DE SOLICITACIONES

6.1 Definición de presiones y acciones

6.1.1 Generalidades

6.1.1.1 En esta sección se dan los lineamientos generales del proceso a seguir para determinar las presiones unitarias (sobrepresiones o succiones) que se producen en la superficie (externa o interna) de una construcción, así como las acciones que se ejercen sobre los elementos, partes o totalidad de la misma.

6.1.2 Acciones puntuales. Presiones

6.1.2.1 La presión dinámica de cálculo (q_c) es la presión producida por una corriente de aire, en vena libre y homogénea, en el lugar donde se anula su velocidad, cuyo valor se obtiene de la expresión:

$$q_c = v_c^2 / 16,3 \quad (1)$$

donde:

- v_c velocidad de cálculo definida en 6.2.1.2, en m/s;
- q_c presión dinámica de cálculo, en daN/m².

6.1.2.2 La presión o acción unitaria (p_c) en cada punto de una superficie se obtiene por la expresión:

$$p_c = c \cdot q_c$$

donde:

- q_c presión dinámica de cálculo (6.1.2.1), en daN/m²;
- c coeficiente de presión, adimensional (6.1.2.3).

6.1.2.3 El coeficiente de presión depende de la forma de la construcción (y aún de las dimensiones en algunos casos), de la rugosidad de la superficie expuesta al viento, de la permeabilidad de las paredes y de la ubicación del punto sobre la superficie.

Sus valores para una serie de casos se dan en los capítulos 8 a 12 de esta norma.

6.1.3 Acciones.

Las acciones que se ejercen sobre partes o el conjunto de una construcción se obtienen como integración de las presiones, determinadas según 6.1.2, sobre las superficies respectivas. En ciertos casos estas acciones resultantes se expresan sumariamente por medio de coeficientes de forma adimensionales (C) y ciertas áreas de referencia, adecuadas, a cada caso particular, cuyos valores se dan en los capítulos 8 a 12, conjuntamente con los coeficientes de presión.

6.2 Velocidad de cálculo

6.2.1 Definición

6.2.1.1 La velocidad de cálculo (v_c) depende fundamentalmente de las velocidades máximas registradas en la zona donde se ubica la construcción y de la altura sobre el terreno, siendo influenciada además por la rugosidad y por las características topográficas del lugar, por las dimensiones de las superficies afectadas y por el grado de seguridad exigido a la construcción.

6.2.1.2 La velocidad de cálculo se halla aplicando la expresión:

$$v_c = K_t \cdot K_z \cdot K_d \cdot K_k \cdot v_k \quad (2)$$

donde:

- v_k velocidad característica del viento del lugar, determinada en la forma indicada en 6.2.2, en m/s;
- K_t coeficiente que tiene en cuenta las características topográficas del lugar, adimensional, (6.2.3);
- K_z coeficiente que expresa la ley de variación de la velocidad en función de la altura y de la rugosidad del terreno, adimensional, (6.2.4);
- K_d coeficiente que tiene en cuenta las dimensiones de la superficie de influencia del elemento estudiado, adimensional, (6.2.6);
- K_k coeficiente que tiene en cuenta el grado de seguridad requerido para cada tipo de construcción y su vida útil, adimensional, 6.2.7

6.2.2. Velocidad característica

6.2.2.1 La velocidad característica (v_k) es la velocidad media de una ráfaga de 3 segundos de duración medida a 10 metros de altura sobre el terreno, en campo plano, abierto y sin obstáculos (rugosidad I del párrafo 6.2.5) que tiene una probabilidad igual a 0,05 de ser excedida en cualquier año (período de recurrencia $R = 20$ años) (Ver 13.4).

6.2.2.2 El valor de esta velocidad se tomará de acuerdo con el lugar de la construcción, en la forma siguiente:

- a) para todos los lugares ubicados a una distancia menor o igual a 25 kilómetros de cualquier punto de las márgenes del Río Uruguay y del Río de la Plata o de la costa atlántica será:

$$v_k = 43,9 \text{ m/s (158 km/h)}$$

b) para todos los lugares ubicados en el resto del territorio nacional será:

$$v_k = 37,5 \text{ m/s (135 km/h)}$$

6.2.3 Efecto de la topografía

6.2.3.1 El coeficiente (K_t) toma en cuenta los incrementos (positivos o negativos) que la velocidad del viento puede sufrir a causa de importantes variaciones de carácter local en la topografía del terreno. El tipo de variaciones considerada y el valor del coeficiente de corrección respectivo se dan en la Tabla 6 . 1. Se recomienda precaución en la utilización de variaciones menores que la unidad, salvo que puedan ser debidamente justificados.

TABLA 6.1 – FACTOR TOPOGRAFICO K_t

TIPO	DESCRIPCION DEL TERRENO	K_t
NORMAL	Todos los casos excepto los siguientes	1,0
EXPUESTO	Cima de acantilados o de cerros muy expuestos. Valles estrechos donde el viento se encajona. Islas o penínsulas angostas, montañas aisladas y ciertas abras	1,10
PROTEGIDO	Valles o cunetas profundas y abruptas, protegidas de todos los vientos en todo su perímetro	0,90

6.2.4 Efecto de la altura

6.2.4.1 El coeficiente K_z toma en cuenta la variación de la componente horizontal de la velocidad del viento que provoca la rugosidad del terreno (natural o artificial) por efecto del frotamiento producido en las capas de la atmósfera situadas por debajo de la altura gradiente.

6.2.4.2 En la Tabla 6.2 se dan los valores de (K_z) correspondientes a los cuatro tipos de terrenos (rugosidades) definidos en el artículo 6.2.5, calculados para alturas comprendidas entre 0 y 250 metros sobre el nivel de referencia definido en el párrafo siguiente (Ver 13.5).

6.2.4.3 El nivel de referencia usado para definir la altura (z) a emplear en todos los cálculos es un cero ficticio que no siempre coincide con el nivel del suelo real, sino que depende de la pen-

diente (i) del mismo, tal como se explica en la figura 6.1.

- 6.2.4.4. Para el cálculo de las presiones ejercidas sobre una construcción se tomará el diagrama resultante de los valores de K_z deducidos de la Tabla 6-2 para las diversas alturas o bien podrá sustituirse aquél por un diagrama escalonado cuyas partes serán sensiblemente equivalentes al diagrama exacto en cuanto a la posición y magnitud de la fuerza resultante de cada parte. Cuando la altura sea superior a 25 metros estos diagramas pueden tomarse constantes en cada trozo, con una magnitud igual al correspondiente a su extremo superior.

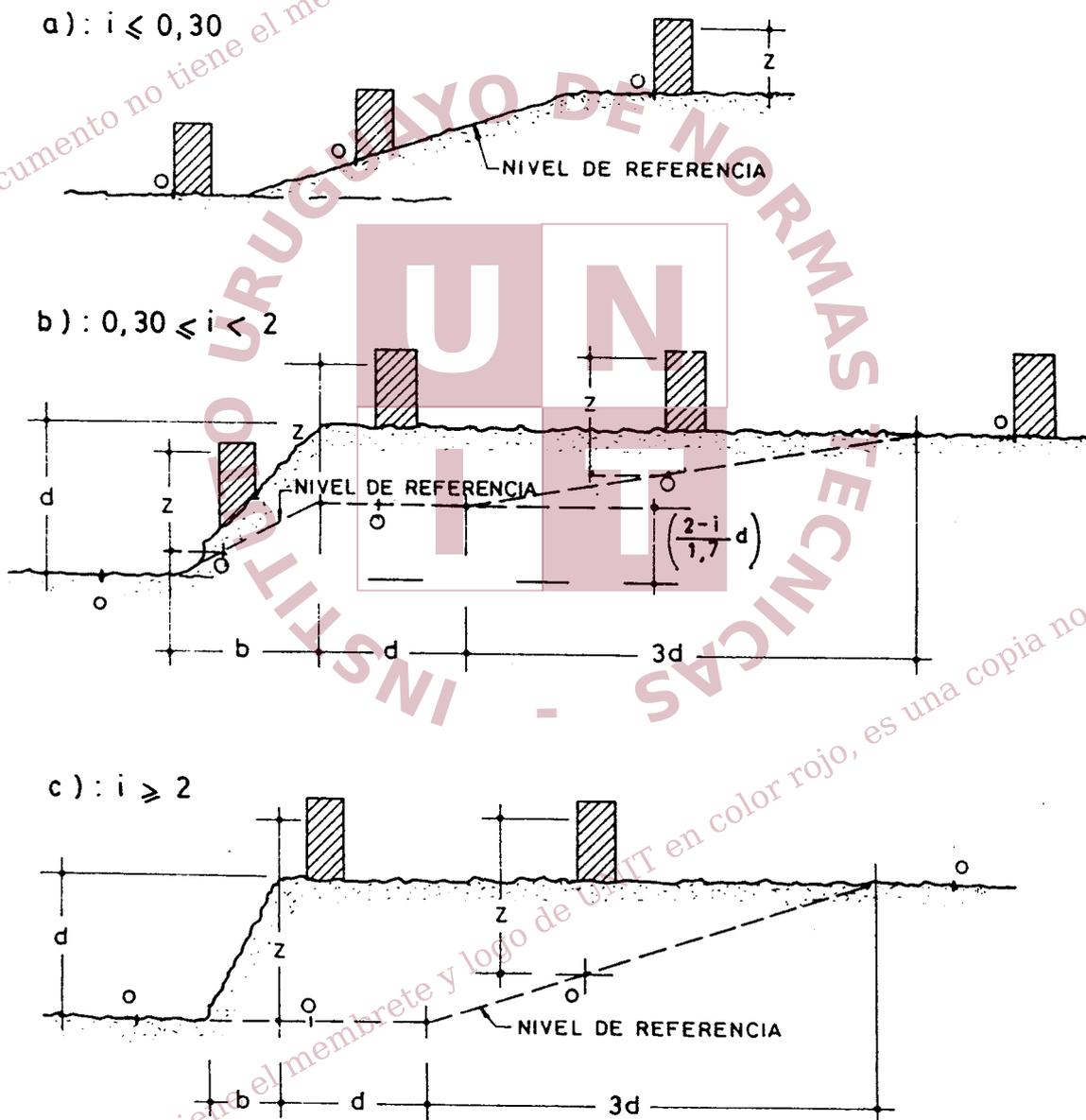


Figura 6.1

TABLA 6.2 – FACTOR DE ALTURA K_z

z m	TIPO DE RUGOSIDAD			
	I	II	III	IV
≤ 5	0,993	0,822	0,667	0,515
10	1,000	0,900	0,750	0,600
15	1,041	0,949	0,804	0,656
20	1,072	0,985	0,844	0,699
25	1,096	1,014	0,876	0,734
30	1,116	1,038	0,904	0,764
40	1,149	1,078	0,949	0,814
50	1,175	1,109	0,986	0,855
60	1,196	1,136	1,017	0,890
70	1,215	1,159	1,044	0,921
80	1,231	1,179	1,068	0,948
90	1,246	1,190	1,090	0,973
100	1,259	1,214	1,109	0,996
120	1,282	1,243	1,144	1,037
140	1,302	1,268	1,175	1,072
160	1,320	1,291	1,202	1,104
180	1,335	1,310	1,226	1,133
200	1,349	1,329	1,248	1,160
225	1,365	1,349	1,273	1,190
250	1,380	1,368	1,296	1,218
K_z	$1,00 \left(\frac{z}{10}\right)^{0,10}$	$0,90 \left(\frac{z}{10}\right)^{0,13}$	$0,75 \left(\frac{z}{10}\right)^{0,17}$	$0,60 \left(\frac{z}{10}\right)^{0,22}$

6.2.5 Rugosidad

6.2.5.1 A los efectos del cálculo de (K_z) en la forma que se indica en el párrafo 6.2.4, se define a continuación los cuatro tipos de rugosidad dentro de los cuales se ubican, en grandes grupos, la compleja diversidad de rugosidades del terreno natural o creada por plantaciones o construcciones.

- I): Terreno abierto y a nivel, sin obstrucciones. Superficies de agua y faja costera en un ancho de 1 km. Aeropuertos, granjas extensas sin cercos.
- II): Terreno plano o poco ondulado con obstrucciones bajas como setos o muros, árboles y edificaciones eventuales (altura media alrededor de 2 m).
- III): Zonas cubiertas por numerosas construcciones medianas, parques y bosques con muchos árboles. Ciudades pequeñas o suburbios de grandes ciudades (altura media alrededor de 10 m).
- IV): Zonas cubiertas por grandes construcciones, centros de grandes ciudades (altura media mayor que 25 m).

6.2.5.2 En casos de características poco definidas o de construcciones ubicadas en una zona donde se produce el cambio de uno a otro tipo de rugosidad, se recomienda usar el tipo más desfavorable.

6.2.6 Efecto de las dimensiones

6.2.6.1 El coeficiente (K_d) toma en cuenta la irregular distribución espacial de las velocidades de racha y la consecuente disminución de la presión media sobre una superficie a medida que esta aumenta sus dimensiones, fenómeno que está afectado además por la altura y la rugosidad.

6.2.6.2 En la figura 6.2 se dan los gráficos necesarios para determinar el valor de (K_d) en función del área (A_i) de la superficie de influencia correspondiente a la estructura o elemento de ella que se calcula, de la altura (z) a la que está situada la región central de la misma y de la rugosidad del terreno (Ver 13.6).

El coeficiente (K_d) se tomará igual a la unidad cuando se determinen presiones (Ver. 6.1.2).

6.2.7 Factor de seguridad

6.2.7.1 El factor de seguridad (K_k) está destinado a tener en cuenta la seguridad requerida para cada construcción en función de su tipo (destino y vida útil deseada) y del método que se usa para el cálculo estructural, considerando que el riesgo de colapso debe ser tanto menor cuanto más graves sean las consecuencias humanas y económicas del mismo.

6.2.7.2 En la Tabla 6.3 se indica los valores de (K_k) correspondientes a los seis grupos de construcciones definidos en el párrafo 6.2.7.4 y a dos criterios de cálculo estructural:

- a) — estados límites
- b) — tensiones admisibles

6.2.7.3 En dicha Tabla se indica además los valores de las probabilidades p ($v \leq v_k$) que corresponden a cada caso así como el coeficiente de mayoración (γ_3) cuyo significado se aclara en 13.10.

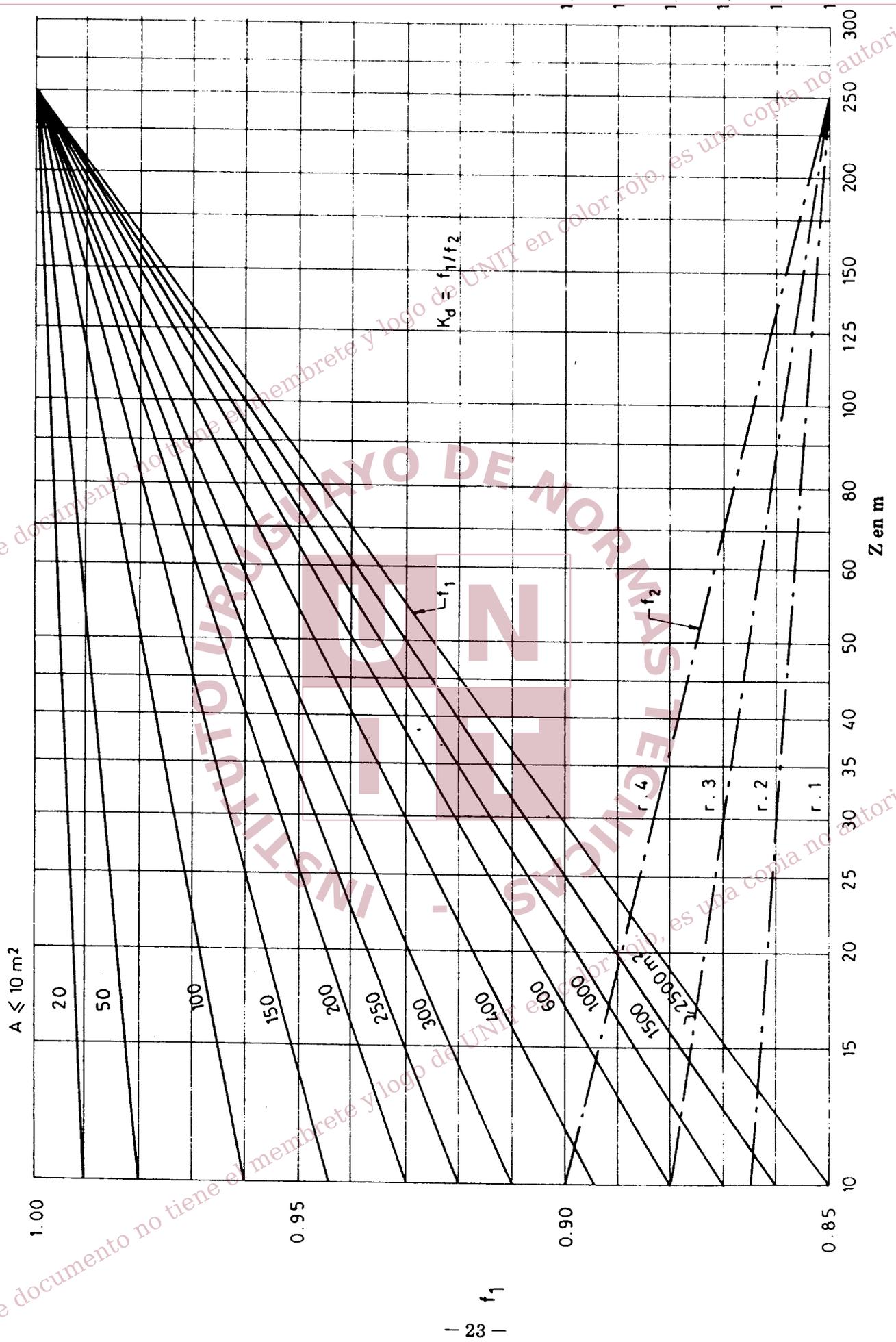


Figura 6.2

También se ha colocado los valores del coeficiente (K_s) que, para cada valor de la probabilidad, da la relación entre la velocidad ($v_s = K_k \cdot v_k$) y la velocidad (v_o) correspondiente a una probabilidad $P (v \leq v_o)$ igual a 0,98 (período de retorno $R = 50$ años), o sea $K_s = v_s/v_o$ (Ver 13.7).

TABLA 6.3 – COEFICIENTES REFERENTES A LA SEGURIDAD
($m = 6,7$)

GRUPO	P	K_k	τ_3	K_s	METODO DE CALCULO	
A	0,99	1,28	1,63	1,11	ULTIMO	ESTADOS LIMITES
B	0,98	1,15	1,32	1,00		
C	0,97	1,08	1,17	0,94		
D	0,92	0,93	0,86	0,81		
E ₁	0,94	0,97	0,95	0,85		
E ₂	≥ 0,80	≥ 0,80	≥ 0,64	≥ 0,70		
S	0,95	1,00	1,00	0,87	SERVICIO	
L	0,95	1,00	1,00	0,87	TENSIONES ADMISIBLES	

6.2.7.4 A los efectos de la aplicación de 6.2.7.2 se establece los siguientes grupos integrados, cada uno, con construcciones que poseen características semejantes desde el punto de vista mencionado en 6.2.7.1.

Grupo A: estructuras que requieren el más alto grado de seguridad, cuyo colapso puede afectar funciones esenciales en caso de desastre (hospitales, cuarteles de bomberos y de fuerzas de seguridad, edificios de comunicaciones, etc.); también para aquellas estructuras con especial sensibilidad a las sollicitaciones del viento.

Grupo B: edificios para viviendas y oficinas. Edificios para actividades generales con alto factor de ocupación (enseñanza, comercio e industria).

Es el tipo básico o normal.

Grupo C: edificios e instalaciones industriales que presentan un pequeño grado de peligro para vidas y pérdidas materiales, (depósitos, construcciones rurales, etc.).

Grupo D: detalles constructivos y elementos de cierre de carácter secundario (ver 13.8).

Grupo E1: edificios temporarios. Locales de exposición no permanentes.

Grupo E2: andamios, encofrados o estructuras solicitadas por el viento solamente durante la construcción, con consideración adecuada a la importancia de un eventual colapso.

6.2.7.5 Cuando la construcción no pueda incluirse claramente en ninguno de los grupos mencionados en 6.2.7.4 el factor de seguridad (K_k) debe ser fijado por las normas particulares (ver 2.1), o bien puede procederse como se indica en 6.2.7.6.

6.2.7.6 Cuando el régimen de vientos tenga características excepcionales por su duración, posibilidad de tornados, etc., o la importancia relativa de la sollicitación de viento sea muy grande o se desee una vida útil mayor que lo normal, se puede proceder a fijar el valor de (K_k) en la forma establecida en 6.2.7.7.

6.2.7.7 En los casos especiales de 6.2.7.6 se puede seleccionar el valor de (K_k) determinando el valor conveniente de P ($v \leq v_s$) en función de la probabilidad p_1 ($v > v_s$) de que aparezca una velocidad $v > v_s$ en los (n) años estimados como vida útil de la construcción o sea de que el plazo para que esa velocidad aparezca por primera vez sea mayor que (n) años (Ver 6.2.7.3 y 13.9).

En la tabla 6.4 se da un conjunto de valores de (P) calculados en esa forma, así como también (colocados entre paréntesis) los valores de (K_k) correspondientes, si el "factor de forma" del régimen de vientos tiene el valor tomado en esta Norma (ver 13.4).

6.3 Síntesis del proceso

6.3.1 El cálculo de las presiones y acciones que se definen genéricamente en 6.1 se realiza en la siguiente forma:

- a) se determina los coeficientes " K_t ", " K_z " y " K_d " en la forma indicada en 6.2.3, 6.2.4 y 6.2.6 respectivamente, los cuales dependen de la ubicación y dimensiones de la construcción;
- b) se fija el coeficiente (K_k), que depende de la seguridad requerida y del criterio de cálculo estructural, con los valores dados en la Tabla 6.3;
- c) se toma la velocidad característica (v_k) del lugar (ver 6.2.2);

- d) se determina la velocidad de cálculo (v_c) con la expresión (2) de 6.2.1.2;
- e) se determina la presión dinámica de cálculo con la expresión (1) de 6.1.2.1;
- f) a partir de la presión dinámica de cálculo se determina las presiones (p_c) y acciones (F_c) mediante la aplicación de los coeficientes de presión y de forma dados en los capítulos 8 a 12 de esta norma con las expresiones allí indicadas.

Estas solicitaciones (presiones o acciones) se indicarán en lo sucesivo, en forma genérica, con (S_c).

TABLA 6.4 – VALORES DE “K_k” Y DE “P” EN FUNCION DE “p₁” Y “n”

n	P ₁					
	0,10	0,20	0,50	0,642	0,75	0,90
2	0,996 (0,949)	0,890 (0,894)	0,752 (0,707)	0,709 (0,598)	0,678 (0,500)	0,628 (0,316)
5	1,142 (0,979)	1,021 (0,956)	0,862 (0,870)	0,813 (0,814)	0,777 (0,758)	0,721 (0,631)
10	1,266 (0,990)	1,132 (0,978)	0,956 (0,933)	0,902 (0,902)	0,862 (0,870)	0,799 (0,794)
20	1,405 (0,995)	1,256 (0,989)	1,060 (0,966)	1,000 (0,950)	0,956 (0,933)	0,886 (0,891)
25	1,452 (0,996)	1,298 (0,991)	1,096 (0,973)	1,037 (0,960)	0,988 (0,946)	0,916 (0,912)
50	1,610 (0,998)	1,440 (0,995)	1,216 (0,986)	1,146 (0,980)	1,096 (0,973)	1,016 (0,955)
100	1,786 (0,9989)	1,597 (0,9978)	1,348 (0,993)	1,271 (0,9898)	1,216 (0,9862)	1,127 (0,9772)
200	1,980 (0,9995)	1,771 (0,9989)	1,495 (0,9965)	1,410 (0,9945)	1,348 (0,9931)	1,250 (0,9885)

n = Vida útil de la construcción.

P₁ = Probabilidad de que la velocidad sea excedida por lo menos una vez en n años

P = Probabilidad de que no se exceda el valor en un año cualquiera
(valor indicado entre paréntesis)

$$K_k = v / v_k \quad (\text{para } m = 6,70)$$

7 – RELACION CON LAS NORMAS ESTRUCTURALES

7.1 Generalidades

7.1.1 Las solicitaciones (S_c) mencionadas en 6.3.1 - f), que representan concretamente el valor de la sollicitación provocada por el viento, ya tienen en cuenta los dos factores básicos del problema de la seguridad: tipo de construcción y criterio de cálculo. Sin embargo el valor final a introducir en el cálculo estructural debe ser afectado por otros coeficientes que dependen de esos mismos factores, coeficientes que deben ser fijados por las normas estructurales particulares.

7.1.2 Mientras este Instituto no publique dichas Normas se podrá seguir los criterios propuestos en 7.2 y 7.3. En ellos se admite que el material de la estructura no influye sobre la ubicación de la construcción dentro de los grupos mencionados en 6.2.7.4 y 6.2.7.5.

7.2 Método de los estados límites

7.2.1 Cuando se utiliza el método de los estados límites para el cálculo estructural, el valor de cálculo de las solicitaciones (con significado semiprobabilista) está dado por:

$$S^o = \gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot S_c$$

donde:

S^o sollicitación de cálculo provocada por el viento;

S_c sollicitación de viento calculada de acuerdo con lo indicado en 6.3;

γ_1 coeficiente de mayoración que tiene en cuenta las eventuales combinaciones de carga más desfavorables ($\gamma_1 \leq 1$);

γ_2 coeficiente de mayoración que tiene en cuenta los niveles de cálculo y ejecución ($\gamma_2 \geq 1$).

7.2.2 Los valores de los coeficientes (γ_1) y (γ_2) deben ser fijados por las normas estructurales particulares que rigen para la generalidad del proyecto. Sin embargo, mientras no existan las normas UNIT correspondientes o bien las normas particulares no fijen criterios al respecto puede procederse en la forma indicada en 13.10.

7.3 Método de las tensiones admisibles

7.3.1 Cuando el cálculo estructural se realiza por el método de las tensiones admisibles se tomará como coeficiente (K_k) el valor unitario correspondiente a $P = 0,95$ (Tabla 6.3) salvo el caso indicado en 7.3.2 (ver 13.11).

7.3.2 La adopción del valor ($K_k = 1,0$) indicado en 7.3.1. supone que los diversos grados de seguridad que puede requerir una construcción se toman en cuenta al fijar las tensiones admisibles en las normas estructurales particulares.

Si así no fuera se podría utilizar los mismos coeficientes (K_k) para modificar la tensión admisible establecida con carácter general, el cual se supone correspondiente al grupo B (6.2.7.4) salvo indicación en contrario.

- 7.3.3 Los coeficientes (γ_1) y (γ_2) que se proponen en 13.10 pueden ser usados también como coeficientes de corrección de las tensiones admisibles si no existen disposiciones expresas al respecto en la norma particular.



8 – CONSTRUCCIONES PRISMATICAS DE BASE RECTANGULAR

8.1 Prescripciones generales

8.1.1 Características de la construcción

- a) La planta es un rectángulo de lados a y b , tales que $a \geq b$, la altura es h , la flecha de la cubierta es f , el ángulo de inclinación de la misma es α y la separación del suelo es e (figura 8.1).

Quando la planta no sea un rectángulo, debe remitirse al artículo 8.7.

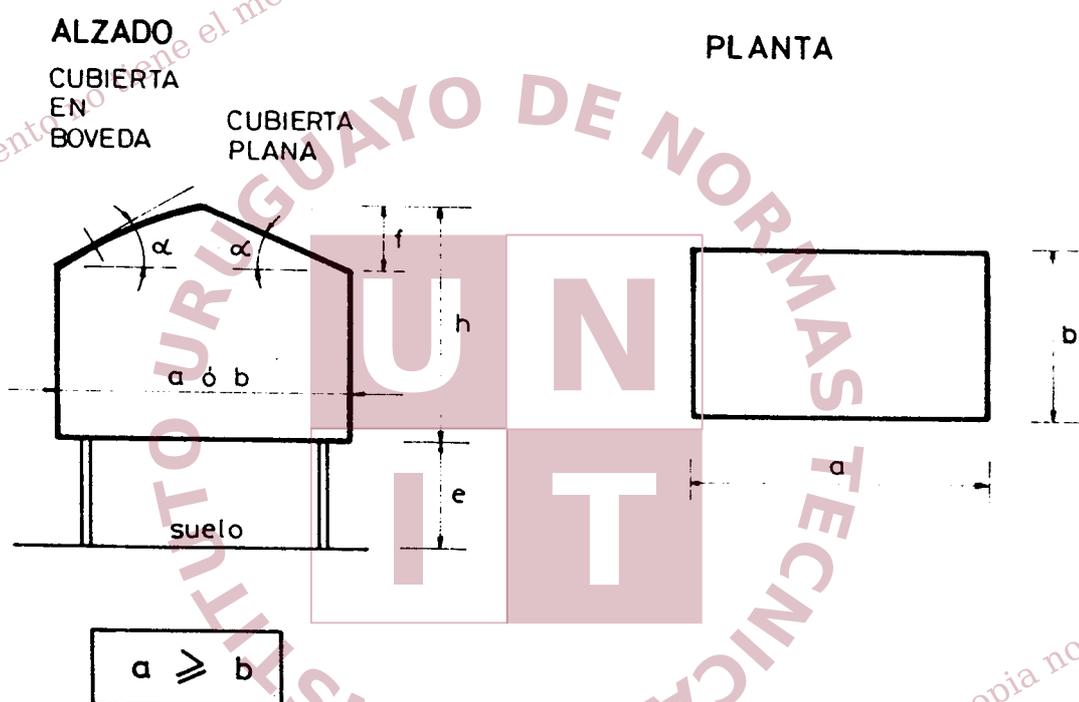


Figura 8.1

- b) Las paredes verticales son planas y pueden tener diferente permeabilidad, con la salvedad de que por lo menos una de ellas sea cerrada ($\mu \leq 5 \%$). Ver. 8.1.3
- c) La cubierta puede ser horizontal, en bóveda, o inclinada; de una o más aguas; única o múltiple.
- d) La separación del suelo podrá ser:

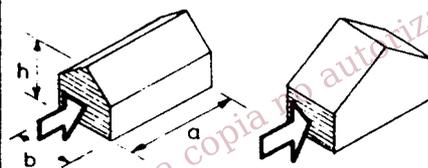
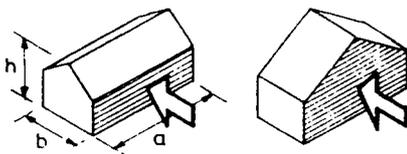
$e = 0$ (Construcción apoyada en el suelo)

$\left. \begin{matrix} e < h \\ e \geq h \end{matrix} \right\}$ (Construcción separada del suelo)

$$a \geq b$$

VIENTO PERPENDICULAR A S_a

VIENTO PERPENDICULAR A S_b



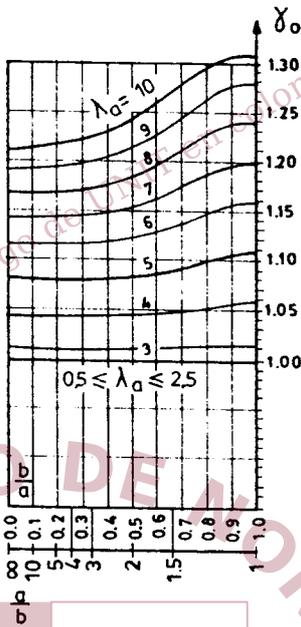
CONSTRUCCIONES APOYADAS EN EL SUELO



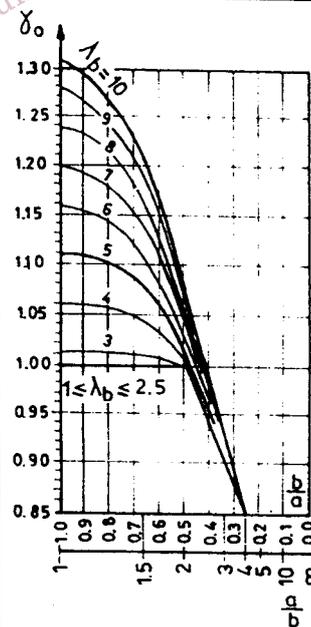
$e=0$

γ_0

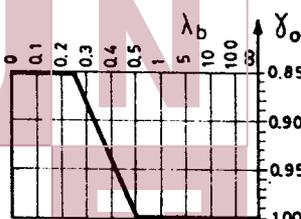
$\lambda_a \geq 0.5$



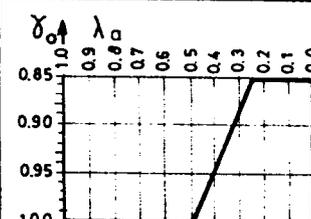
$\lambda_b \geq 1$



$\lambda_a < 0.5$



$\lambda_b < 1$



CONSTRUCCIONES SEPARADAS DEL SUELO

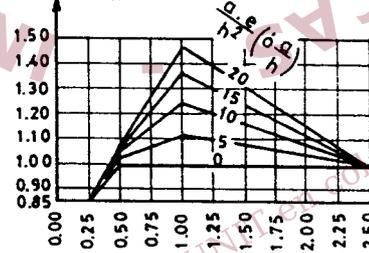


$e \geq h$

γ_h

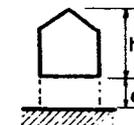
γ_h se determina en el ábaco en función de λ_b y $\frac{a}{h}$.

γ_e (ó γ_h)



γ_e se determina en el ábaco en función de λ_b y $\frac{a \cdot e}{h^2}$

$\gamma_h = \gamma_0$



$e < h$

γ_e

$\lambda_a \leq 1$

$\lambda_b < 2.5$

$$\gamma_e = \gamma_0 - \frac{e}{h} (\gamma_0 - \gamma_h)$$

γ_0 es el de la construcción apoyada en el suelo, y γ_h el de la misma construcción con altura mitad e igual ancho.

$\gamma_e = \gamma_0$

$\lambda_a > 1$

$\lambda_b > 1$

$\gamma_e = \gamma_0$

Los coeficientes correspondientes (γ_h y γ_e) son iguales al γ_0 de la misma construcción reposando sobre el suelo.

Figura 8.2 – Factores de forma γ

- e) En el caso de construcciones separadas del suelo, las cuatro paredes apoyan en el suelo por intermedio de pilares y están alejadas de cualquier plano de grandes dimensiones.

8.1.2 Relación de dimensiones

Para una dirección del viento dada, la relación de dimensiones λ es el cociente entre la altura h y la dimensión horizontal de la cara expuesta. Según sea la cara expuesta a la acción del viento se designará:

$$\lambda_a = \frac{h}{a} \quad \lambda_b = \frac{h}{b}$$

8.1.3 Factor de forma γ

El coeficiente de presión c depende, en general, de un factor de forma γ , el que, a su vez, depende de la relación de dimensiones λ .

8.1.3.1 Designaciones para el factor de forma γ

Según la ubicación de la construcción con respecto al suelo, el coeficiente se designará:

- γ_0 para construcciones apoyadas en el suelo ($e = 0$)
- γ_h para construcciones separadas del suelo, con $e \geq h$
- γ_e para construcciones separadas del suelo, con $e < h$

La determinación de los coeficientes γ se hará de acuerdo con la fig. 8.2

8.1.4 Casos particulares

Caso 1:

Construcciones apoyadas sobre el suelo y unidas a un plano de grandes dimensiones (edificio o muro). Este tipo de construcción se comporta aerodinámicamente como una construcción de largo $2a$. Para el viento perpendicular a la cara S_a , la relación de dimensiones λ_a se toma igual a $\frac{h}{2a}$ y la determinación de (γ_0) se hace como en el caso general.

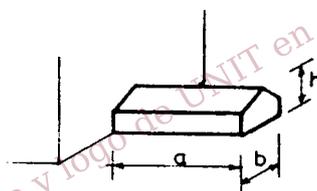


Fig. 8.3

Caso 2:

Construcciones apoyadas sobre el suelo y unidas en sus extremos a dos planos paralelos de grandes dimensiones (edificios o muros). Este tipo de construcciones se comporta aerodinámicamente como una construcción de largo tendiendo a infinito. λ_a es entonces muy pequeña e inferior a 0,5. Para el viento perpendicular a la cara S_a , el valor del coeficiente γ_0 se lee en el cuadrante inferior izquierdo en función de λ_b .

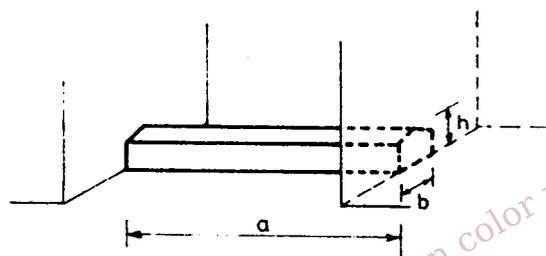


Fig. 8.4

Caso 3

Construcciones separadas del suelo y unidas en sus extremos a dos planos paralelos verticales de grandes dimensiones con relación a aquéllas. En estos casos el factor de forma γ se toma igual al factor de forma γ_0 que corresponde a una construcción apoyada en el suelo, cuya base sea igual a una de las caras en contacto con los planos, su altura h sea igual a la separación entre los planos y la relación de dimensiones λa ó λb igual a 10.

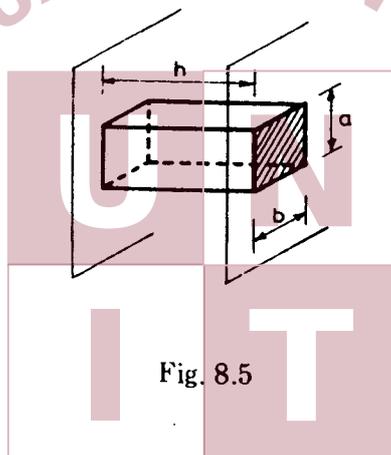


Fig. 8.5

8.2 Presiones exteriores

Los valores de los coeficientes de presión exterior c_e se obtendrán de las tablas 8.7 y 8.8. Esos valores corresponden a un viento que no atraviesa la construcción; cuando no es así, ciertos coeficientes pueden dejar de ser válidos.

8.2.1 Paredes

Los coeficientes de presión exterior c_e se obtendrán de la tabla 8.1:

8.2.2 Cara inferior (Construcciones separadas del suelo)

- Caso general $c_e = -0.8$
- Construcciones unidas en sus extremos a dos planos paralelos verticales de grandes dimensiones $c_e = -(1,3\gamma_e - 0.8)$

8.2.3 Cubiertas (techos únicos)

Los coeficientes de presión exterior c_e se obtendrán según las figuras 8.7 y 8.8.

8.2.3.1 Cubiertas con vertientes planas

El coeficiente c_e está determinado por la figura 8.7.

TABLA 8.1

COEFICIENTE DE PRESION EXTERIOR c_e PARA PAREDES

DIRECCION DEL VIENTO	COEFICIENTE c_e		
	Caras a barlovento	Caras a sotavento	Otras caras
Perpendicular a la pared	+ 0.8	$-(1.3 \gamma - 0.8)$	se adopta el coeficiente para $\alpha = 0^\circ$
Oblicuo a la pared	Cuando fuera necesario tener una indicación de la acción del viento oblicuo, se podrá utilizar el diagrama de la figura siguiente.		

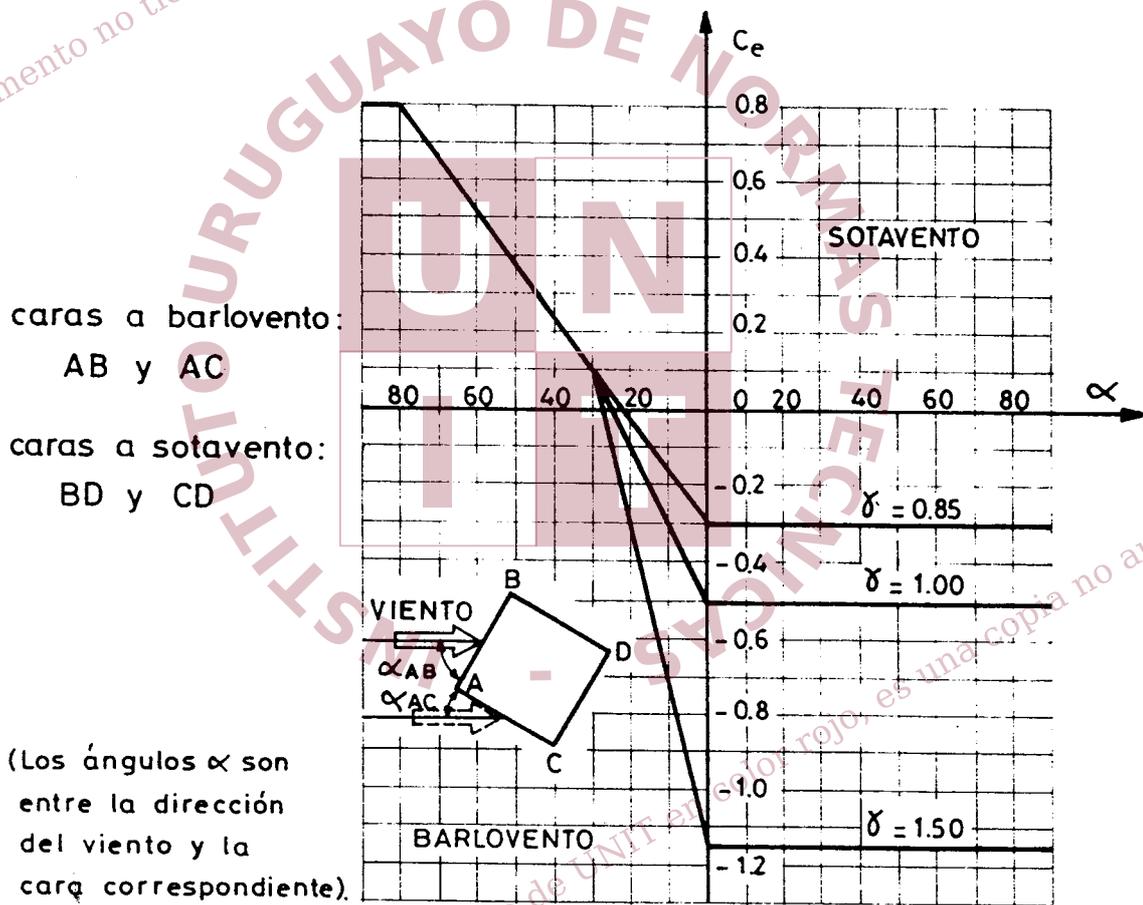


Fig. 8.6 Valor del coeficiente c_e en función del ángulo de ataque del viento sobre una cara, para prismas de base rectangular.

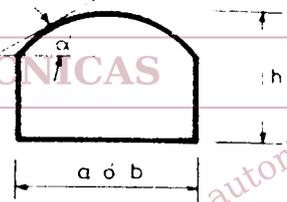
8.2.3.2. Cubiertas de bóveda (directriz circular, parabólica o catenaria)

El coeficiente c_e está determinado, por la figura 8.8, en cada punto de la bóveda, en función del ángulo de inclinación α (en grados) de la tangente en ese punto con la dirección del viento. Para $f = h$ (bóvedas apoyadas en el suelo) ver el capítulo 1 2.



<p>VIENTO PERPENDICULAR A LAS GENERATRICES</p>	$f \leq \frac{h}{2}$	
	$\frac{1}{2} h < f < \frac{4}{5} h$	<p>INTERPOLACION LINEAL ENTRE LOS CASOS EXTREMOS EN FUNCION DE f/h</p>
	$\frac{4}{5} h \leq f \leq h$	
<p>VIENTO PARALELO A LAS GENERATRICES</p>	$f \leq \frac{h}{2}$	<p>SE APLICA EL GRAFICO A CON $\alpha = 0^\circ$</p>
	$\frac{1}{2} h \leq f \leq \frac{4}{5} h$	<p>INTERPOLACION LINEAL ENTRE LOS CASOS EXTREMOS EN FUNCION DE f/h</p>
	$\frac{4}{5} h \leq f \leq h$	

Fig. 8.7 Coeficiente de presión exterior c_e . Cubierta con vertientes planas



<p>VIENTO PERPENDICULAR A LAS GENERATRICES</p>	<p>$\frac{a \text{ ó } b}{10} \leq f \leq \frac{a \text{ ó } b}{2}$ y: $f \leq \frac{2}{3} h$</p>	
	<p>$f \leq \frac{a \text{ ó } b}{10}$ y: $f \leq \frac{2}{3} h$</p>	<p>INTERPOLACION LINEAL ENTRE LOS COEFICIENTES DE LA BOVEDA CON $f = \frac{a \text{ ó } b}{10}$ DEL GRAFICO D DE ESTA PAGINA, Y LOS COEFICIENTES DE UNA CONSTRUCCION DE MISMA BASE Y ALTURA DE FACHADA, CON $\alpha = 0^\circ$, DEL GRAFICO A DE LA FIG. 8.7</p>
<p>VIENTO PARALELO A LAS GENERATRICES</p>	<p>$\frac{a \text{ ó } b}{10} \leq f \leq \frac{a \text{ ó } b}{2}$ y: $f \leq \frac{2}{3} h$</p>	<p>SE APLICA EL GRAFICO A DE LA FIG. 8.7</p>

Fig. 8.8 Coeficiente de presión exterior c_e . Bóvedas. (Directriz circular, parabólica o catenaria)

8.2.4 Cubiertas (techos múltiples)

8.2.4.1 Viento perpendicular a las generatrices

Para el primer techado al viento, y para la última vertiente a sotavento, el coeficiente c_e corresponde al de un techo único (con los ángulos α correspondientes).

Para los techos intermedios y la anteúltima vertiente, el coeficiente c_e en las partes protegidas es el coeficiente precedente reducido en 25% .

Las superficies protegidas son aquellas situadas por debajo de la superficie descrita por una generatriz con una pendiente de 20% hacia el suelo y apoyada sobre el contorno aparente de las superficies protectoras. En esas partes protegidas es donde debe reducirse en 25% la presión dinámica; la reducción se hace sobre el coeficiente c_e para que la totalidad de la edificación sea calculada con la misma presión dinámica (fig. 8.9).

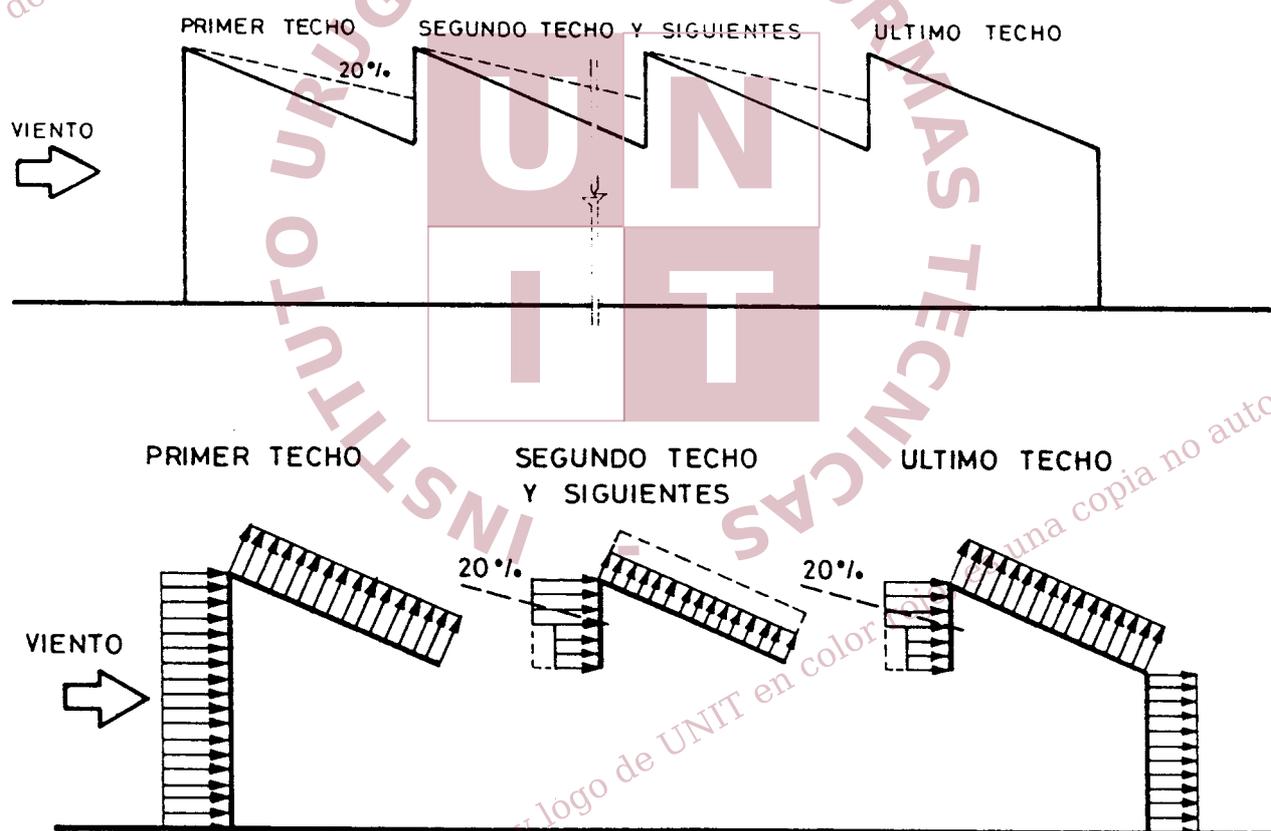


Figura 8.9

8.2.4.2 Viento paralelo a las generatrices

Se adopta para c_e el valor leído del gráfico A de la fig. 8.7 (techos únicos) para un ángulo $\alpha = 0^\circ$.

8.3 Presiones interiores

Los valores de los coeficientes de presión interior c_i se obtienen de la tabla 8.2, de conformidad con las características de la construcción (permeabilidad de las paredes y su disposición con respecto a la dirección del viento).

8.3.1 Valores límites del coeficiente de presión interior c_i

Cuando las determinaciones efectuadas aplicando las indicaciones de la tabla 8.2 conduzcan a valores de c_i comprendidos entre $-0,20$ y $0,0$ se tomará $c_i = -0,20$, en tanto que si se obtienen valores comprendidos entre $0,0$ y $+0,15$, se tomará $c_i = +0,15$.

8.3.2 Aclaraciones

Para los fines de esta norma, son considerados impermeables los siguientes elementos constructivos y cerramientos: losas y láminas de hormigón y similares, sin puertas, ventanas o cualquier otra abertura. Los demás elementos constructivos y cerramientos son considerados permeables.

La permeabilidad se debe a la presencia de aberturas, tales como: juntas entre paneles de cerramiento y entre tejas, huecos en puertas y ventanas, ventilaciones en techos y cubiertas, vanos abiertos de puertas y ventanas, chimeneas, lucernarios, etc.

El índice de permeabilidad de una parte de la edificación es definido por la relación entre el área de las aberturas y el área total de esa parte. Ese índice debe ser determinado con toda la precisión posible. Como indicación general, el índice de permeabilidad típico de una edificación para vivienda o escritorio, con todas las ventanas y puertas cerradas, está comprendido entre $\mu = 1$ y 5% .

En el estudio de las distintas partes frente a las acciones del viento, se considerarán los vanos con cerramientos móviles en la situación de cerrados, abiertos, o combinación de ambos, si están los vanos en distintas paredes, por ejemplo, según sea la situación más comprometida para cada verificación.

La indicación anterior vale, además, para el caso de partes con vidrios fijos, en donde se considerará la posibilidad de rotura previa de los mismos.

8.4 Presiones unitarias resultantes

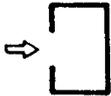
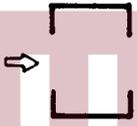
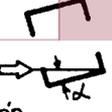
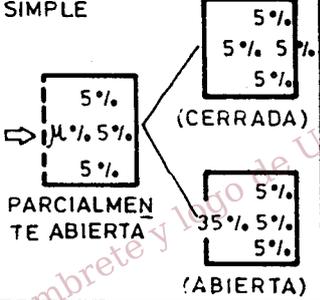
Se obtendrán multiplicando el valor de la presión dinámica de cálculo q_c por un coeficiente de presión c determinado según el criterio que se indica a continuación:

Coefficiente de presión c

Se determina mediante la combinación más desfavorable de los coeficientes de presión de las acciones unitarias exteriores c_e interiores c_i , calculadas según 8.2 y 8.3, respectivamente.

Valores límite de las acciones unitarias resultantes

TABLA 8.2. COEFICIENTE DE PRESION INTERIOR c_i

TIPO DE CONSTRUCCION	CARACTERISTICAS		COEFICIENTE DE PRESION INTERIOR	
	PERMEABILIDAD	OTROS DATOS	APLICACION	C_i
CERRADA	$\mu \leq 5\%$		Sobre todas las caras interiores de todos los locales.-	+ 0.6 (1.8 - 1.3 γ) o bien - 0.6 (1.3 γ - 0.8)
CON UNA PARED ABIERTA	LA PARED ABIERTA $\mu \geq 35\%$	PARED ABIERTA A BARLOVENTO 	Sobre la cara interior de las paredes de $\mu \leq 5\%$, y las vertientes del techo.-	+ 0.8
			Sobre la cara interior de la pared de $\mu \geq 35\%$.	- 0.6 (1.3 γ - 0.8)
	LAS OTRAS PAREDES Y EL TECHO $\mu \leq 5\%$	PARED ABIERTA A SOTAVENTO PARALELA AL VIENTO 	Sobre la cara interior de las paredes de $\mu \leq 5\%$, y las vertientes del techo.-	- (1.3 γ - 0.8)
			Sobre la cara interior de la pared $\mu \geq 35\%$.	+ 0.6 (1.8 - 1.3 γ)
CON DOS PAREDES OPUESTAS ABIERTAS	LAS PAREDES ABIERTAS $\mu \geq 35\%$	PAREDES ABIERTAS EN LA DIRECCION DEL VIENTO 	Paredes o construcciones interiores, situadas fuera de la corriente de aire.-	+ 0.6 (1.8 - 1.3 γ) o bien - 0.6 (1.3 γ - 0.8)
			Paredes o construcciones interiores, situadas en la corriente de aire.-	Se calculan como si estuviesen aisladas en el espacio con abstracción de otras partes de la construcción.-
	LAS OTRAS PAREDES Y EL TECHO $\mu \leq 5\%$	PAREDES ABIERTAS PARALELAS A LA DIRECCION DEL VIENTO 	Sobre todas las paredes o construcciones interiores.	+ 0.6 (1.8 - 1.3 γ) o bien - (1.3 γ - 0.8)
			Cara interior expuesta al viento	+ 0.02 α - 0.5 0 $\leq c_i \leq 0.8$
		PAREDES ABIERTAS OBLICUAS A LA DIRECCION DEL VIENTO (Cuando el viento puede atravesar la construcción todo a su largo o ancho). 	Vertientes del techo	Se aplica la sobrepresión que reina sobre el sector adyacente de fachada.
CON PAREDES PARCIALMENTE ABIERTAS	UNA O MAS PAREDES TIENEN UNA PERMEABILIDAD COMPRENDIDA ENTRE $\mu \geq 5\%$ Y $\mu \leq 35\%$	CASO DE INTERPOLACION SIMPLE 	Sobre las caras interiores de las paredes y techos.-	Sobrepresiones o depresiones determinadas por interpolación lineal (simple o doble) entre los coeficientes de las construcciones con paredes abiertas.-
CON PAREDES CERRADAS Y CUYA CUBIERTA PRESENTA UNA LINTERNA O UN SHED ABIERTO DE UN SOLO LADO		a longitud de la construcción paralela a a' a' longitud de la linterna o shed.-		- 0.6 $\left[1 + \frac{a'}{a} \right]$ (1.3 γ - 0.8) $\frac{1.2a'}{a} + 0.6 (1.8 - 1.3 \gamma) \frac{(1 - \frac{3a'}{2a})}{2a}$

En todos los casos, cuando la combinación más desfavorable de los c_e y c_i conduzca a valores comprendidos entre $-0,3$ y $0,0$ se tomará $c = -0,3$ en tanto que para valores comprendidos entre $0,0$ y $+0,3$, se tomará $+0,3$.

8.5 Acciones de conjunto

Se determinan mediante la composición de las acciones resultantes sobre las distintas partes de la construcción de acuerdo con las indicaciones de la tabla 8.3 (q_c es la presión dinámica a nivel de cumbrera del techo). En estas acciones no se tomarán en consideración las acciones locales.

8.6 Acciones locales

Las acciones del viento, particularmente acentuadas en ciertas zonas localizadas de las construcciones, se tomarán en cuenta mediante un coeficiente de presión c'_e , que se adicionará al coeficiente de presión exterior c_e , o interior c_i , según corresponda.

8.6.1 Aristas verticales

Las acciones locales se considerarán sobre una longitud igual a $b/10$, medida a partir de la arista del diedro formado por dos paredes consecutivas de la construcción. El coeficiente de succión c'_e en esta zona será igual al coeficiente medio c_e aplicable a las caras paralelas a la dirección del viento.

8.6.2 Bordes de techado

Las acciones locales se considerarán sobre una longitud igual a $h/10$, medida a partir del límite del borde, pero sin exceder de $b/10$. El coeficiente de succión c'_e en esta zona será igual al coeficiente medio c_e aplicable a la vertiente considerada para $\alpha \leq 45^\circ$. Esta succión suplementaria desaparece para $\alpha = 60^\circ$, interpolándose linealmente para valores intermedios.

8.6.3 Angulos de cubiertas

En las aristas comunes a dos vertientes de una cubierta la acción local se determinará mediante un coeficiente de succión c'_e , doble del coeficiente medio c_e aplicable a la pendiente considerada para $\alpha \leq 30^\circ$. Esta succión suplementaria desaparece para $\alpha = 40^\circ$, interpolándose linealmente para valores intermedios.

8.6.4 Otras acciones locales

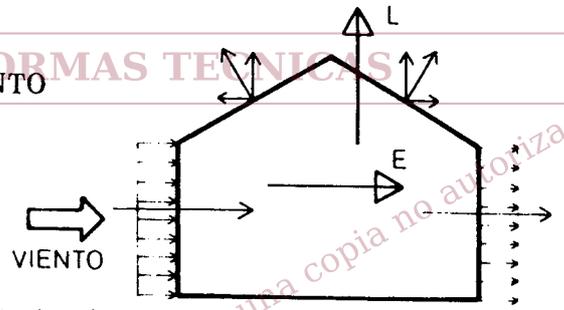
Los elementos situados alrededor de los apoyos, o agregados de un elemento exterior a la construcción (mástil, ménsula, etc.), o en lugares donde existan discontinuidades acentuadas (chimeneas, cornisas, linternas, etc.), se calcularán con un coeficiente resultante igual a -2 .

8.6.5 Valores límites de las acciones locales

El coeficiente resultante de adicionar la acción local c'_e a la acción media exterior c_e sobre las caras inferiores de los aleros, o, a la acción media interior no deberá exceder de -2 ó -3 , respectivamente.

8.7 Construcciones prismáticas de base cuadrangular o asimilables, de características especiales, apoyadas o no sobre el suelo

TABLA 8.5 ACCIONES DE CONJUNTO



(q_c es la presión dinámica a nivel de cresta del techo.)

TIPO DE CONSTRUCCION	DIRECCION DEL VIENTO	DETERMINACION DE LAS ACCIONES DE CONJUNTO
<p>BLOQUE UNICO CON CUBIERTA UNICA</p> <p>$F = (a - 4h) b q_1$</p> <p>$a > 4h$</p>	<p>Perpendicular a las generatrices</p>	<p>Por composición vectorial de las acciones resultantes parciales.</p> <p>Igual al caso anterior</p> <p>Cuando la mayor dimensión de la planta sea superior a $4h$, se sumará una fuerza de empuje $F = (a - 4h) b q_1$ aplicada sobre la superficie desarrollada de la cubierta en la parte que excede los $4h$, siendo q_1:</p> <p>$0,01 q_c$ Para superficies con ondas paralelas a la dirección del viento.</p> <p>$0,02 q_c$ Para superficies con ondas perpendiculares a la dirección del viento.</p> <p>$0,04 q_c$ Para superficies con nervios perpendiculares a la dirección del viento.</p>
<p>BLOQUE UNICO CON CUBIERTA MULTIPLE</p> <p>$F = \frac{a' b q_1}{\text{Nº de crestas}}$</p>	<p>Perpendicular a las generatrices</p>	<p>VERTIENTES EXTREMAS: Segun los artículos 8.2 y 8.3.</p> <p>VERTIENTES INTERMEDIAS: Se proyecta la zona entre crestas extremas un plano horizontal, y se aplica a la misma una fuerza $F = \frac{a' b q_1}{n^{\circ} \text{ crestas}}$ siendo q_1:</p> <p>$(0,001\alpha + 0,02) q_c$ Para cubiertas de vertientes planas, con un máximo de $0,1 q_c$ y un mínimo de $0,03 q_c$.</p> <p>$0,02 q_c$ Para cubiertas abovedadas</p>
<p>BLOQUES AGRUPADOS CON CUBIERTAS UNICA O MULTIPLE</p>	<p>Perpendicular al plano de las juntas.</p>	<p>Igual al caso de bloque único con cubierta única.</p> <p>Los bloques intermedios deben resistir como si actuaran independientemente, verificados para 0,6 veces la acción calculada para el caso de bloque único</p>

8.7.1 En la figura 8.10 se establece la forma de calcular las dimensiones a y b para el caso de construcciones de características especiales que puedan asimilarse a las construcciones de planta rectangular.

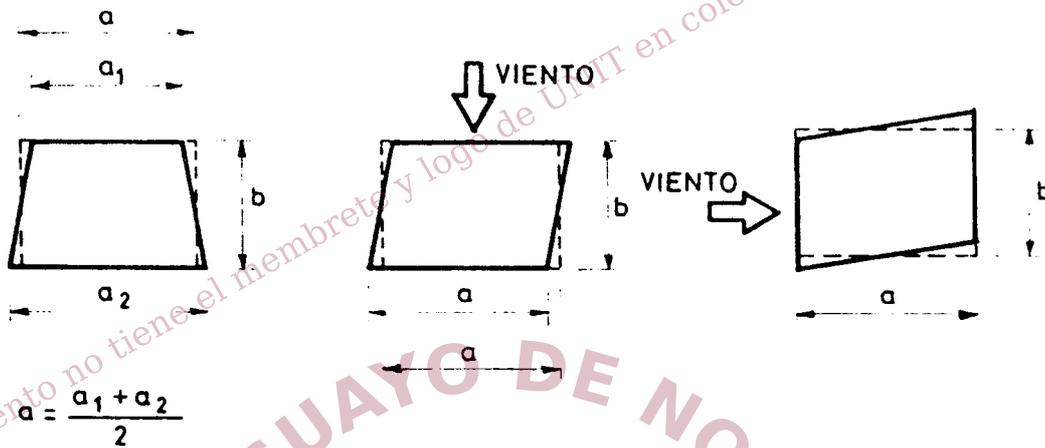


Fig. 8.10

8.7.2 Construcciones con fachadas paralelas y con escalonamientos en planta

El coeficiente γ_0 relativo a la acción del viento en cada dirección se lee en los ábacos de la figura 8.2 en función de la relación de lados correspondientes (siendo una de las dimensiones la dimensión perpendicular al viento del rectángulo circunscrito y la otra el cociente por ese valor del área de la superficie S de la planta, de acuerdo con la figura 8.11

$$S = a_1 \cdot b_1 \quad \text{ó} \quad S = a_2 \cdot b_2$$

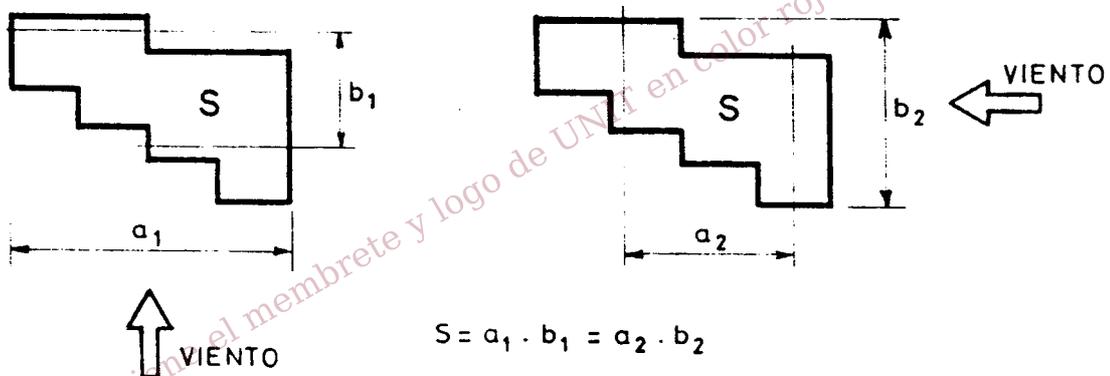


Fig. 8.11

9 – CONSTRUCCIONES PRISMATICAS DE BASE
POLIGONAL REGULAR Y CONSTRUCCIONES CILINDRICAS

9.1 Prescripciones generales

9.1.1 Dirección del viento

Para el cálculo de las acciones de conjunto la dirección del viento se supone: perpendicular a una cara para los prismas de tres y cuatro lados (categoría I); perpendicular a la superficie maestra máxima para los prismas de más de cuatro caras y los cilindros (categorías II a VI). (ver tabla 9.1).

Para los casos de prismas y cilindros de eje horizontal se deberá también considerar la acción del viento soplando paralelamente a las generatrices.

9.1.2 Relación de dimensiones

A) Para el caso de cuerpos con superficie maestra de ancho d_M constante:

—prismas o cilindros de generatrices verticales:

$$\lambda = \frac{h}{d_M}$$

—prismas o cilindros de generatrices horizontales:

$$\lambda = \frac{l}{d_M}$$

donde:

- λ relación de dimensiones;
- h altura propia de la construcción, en m;
- l longitud de las generatrices, en m;
- d_M ancho de la superficie maestra, en m.

B) Para el caso de cuerpos con superficie maestra de ancho variable:

—prismas o cilindros de generatrices verticales:

$$\lambda = \frac{h^2}{A}$$

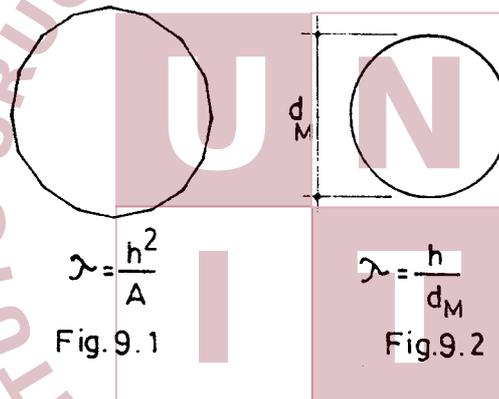
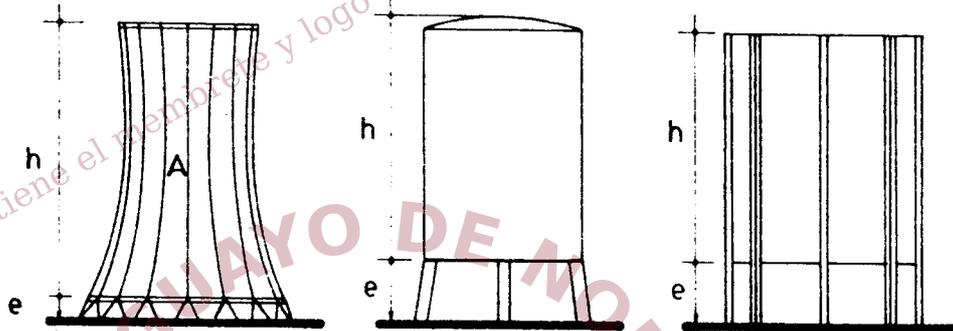
—prismas o cilindros de generatrices horizontales:

$$\lambda = \frac{l^2}{A}$$

donde:

- λ relación de dimensiones;
- h altura propia de la construcción, en m;
- l longitud de las generatrices, en m;
- A área de la superficie maestra en m^2 .

EJEMPLOS PARA LA DETERMINACION DE LA RELACION λ

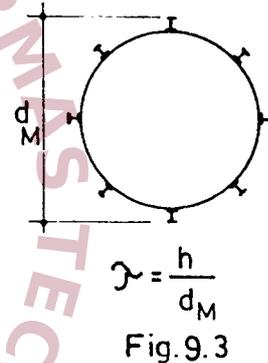


$$\lambda = \frac{h^2}{A}$$

Fig. 9.1

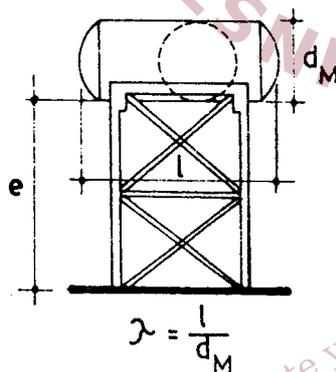
$$\lambda = \frac{h}{d_M}$$

Fig. 9.2



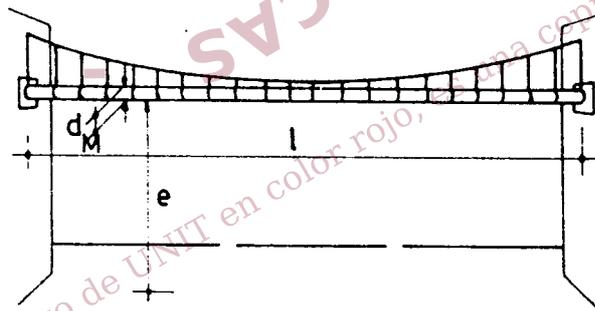
$$\lambda = \frac{h}{d_M}$$

Fig. 9.3



$$\lambda = \frac{l}{d_M}$$

Fig. 9.4



$$\lambda = \infty$$

Fig. 9.5

9.1.3 Clasificación de las construcciones prismáticas de base poligonal regular y construcciones cilíndricas

Para la determinación de los coeficientes a utilizar en el cálculo, la norma clasifica a las construcciones en seis categorías, según la tabla 9.1.:

TABLA 9.1

FORMA DEL CUERPO	CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE			
	SIN NERVADURAS		CON NERVADURAS	
	SUPERFICIE RUGOSA	SUPERFICIE LISA	ARISTAS REDONDEADAS	ARISTAS VIVAS
PRISMAS DE 3 ó 4 LADOS	I	I	I	(*)
PRISMAS DE 5 a 10 LADOS	II	II	II	(*)
PRISMAS DE MAS DE 10 Y HASTA 20 LADOS	III	III	III	(*)
PRISMAS DE MAS DE 20 LADOS	V	V	V	(*)
CILINDROS CIRCULARES	V	VI	(*)	IV

Los casos indicados con (*) no se incluyen en la norma por carecerse de información experimental.

Los tubos e hilos cilíndricos rugosos y los cables trenzados están tratados en el capítulo 12.

Las construcciones troncocónicas o en forma de paraboloides de revolución pueden ser asimiladas a las definidas en la tabla anterior, pero con la condición de que el ángulo en la base no sea inferior a 70°.

9.1.4 Factor de forma γ

9.1.4.1 Prismas y cilindros con generatrices verticales apoyadas sobre el suelo (γ_o), o separadas del suelo una distancia $e \geq h$ (γ_h) y prismas y cilindros con generatrices horizontales apoyados o no sobre el suelo (γ_h).

Los coeficientes γ_o y γ_h se leen en la escala funcional de la figura 9.6 en función de la relación de dimensiones λ .

Para los prismas correspondientes a la categoría III, γ_o o γ_h se obtienen por interpolación lineal en función del número n de lados, entre los coeficientes correspondientes a n= 10 (categoría II) y los correspondientes a n= 20 (categoría V).

9.1.4.2 Prismas y cilindros con generatrices verticales separados del suelo una distancia $e < h$

El coeficiente γ_e está dado por la fórmula:

$$\gamma_e = \gamma_o - \frac{e}{h}(\gamma_o - \gamma_h)$$

γ_e corresponde a la construcción separada del suelo, con $e \leq h$;

γ_o corresponde a la construcción apoyada en el suelo, con $e = 0$;

γ_h corresponde a la construcción separada del suelo, con $e > h$.

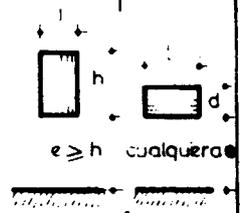
INSTITUTO URUGUAYO DE NORMAS TECNICAS

PRISMAS Y CILINDROS

CON GENERATRICES VERTICALES, EN CONTACTO CON EL SUELO.



CON GENERATRICES VERTICALES, DEL SEPARADOS, DEL SUELO.



CON GENERATRICES HORIZONTALES, DEL SEPARADOS, O NO DEL SUELO.

CATEGORIAS I, II y IV V y VI		λ	CATEGORIAS I, II y IV V y VI	
1.54	1.33		50	1.54
1.53	1.30	40	1.50	1.30
1.52	1.30	30	1.45	1.25
1.51		25	1.40	1.20
1.50		20	1.30	1.15
	1.25	19		
1.45		18		
		17		
		16		
1.40		15		
	1.20	14	1.20	1.10
		13		
1.35		12		
		11		
1.30		10	1.10	1.05
	1.15	9		
1.25		8	1.05	1.03
		7		
1.20		6	1.00	1.00
	1.10	5		
1.15		4		
1.10	1.05	3		
		2.5	0.95	0.95
1.05	1.00	2	0.90	0.90
		1.5		
0.95	0.95		0.90	0.90
0.90	0.90	1.0		
0.90	0.90	<1.0		

Fig. 9.6

9.2 Presiones exteriores

Para la determinación del coeficiente de presión exterior c_e la norma considera los siguientes casos:

- paredes
- cubiertas
- cara inferior de una construcción separada del suelo

9.2.1 Paredes

A) Prismas de tres o cuatro caras (categoría I) de generatrices verticales, separados o no del suelo o de generatrices horizontales separados del suelo una distancia $e \geq d_M$: en este caso la acción perpendicular a una cara es la que da los mayores esfuerzos: dicha acción se determina con

$$c_e = +0,8 \quad \text{para la cara a barlovento}$$

$$c_e = -(1,30\gamma - 0,8) \quad \text{para las caras a sotavento}$$

B) Prismas de más de cuatro caras (categoría II, III y V) y cilindros (categorías IV, V y VI) de generatrices verticales, separados o no del suelo, o de generatrices horizontales separados del suelo $e \geq d_M$: el coeficiente de presión c_e a tomar en cuenta en una sección diametral está dado por las figuras 9.7 a 9.10. Para un valor de la relación e/d_M y para coeficientes γ diferentes a los indicados, se procederá por interpolación o extrapolación lineales entre los valores dados (1 y 1,3 o 1 y 1,5).

C) Cilindros (categorías V y VI) de generatrices horizontales, apoyados en el suelo o separados del suelo una distancia $e < d_M$: el coeficiente de presión c_e a tomar en cuenta en una sección diametral está dado en las figuras 9.11 a 9.14.

Para un valor de la relación e/d_M y coeficientes γ diferentes a los indicados, se procederá por interpolación o extrapolación lineal entre los valores 1 y 1,3.

9.2.2 Cubiertas

Cubiertas planas (terrazas), techados con vertiente plana o cubiertas abovedadas: se adoptan los valores indicados en el capítulo 10.

Para el caso de cubiertas en forma de casquete esférico, cono o pirámide, ver capítulo 12.

9.2.3 Cara inferior de construcciones separadas del suelo

Los coeficientes de presión exterior c_e se obtienen de la tabla 9.2.

CATEGORIA II

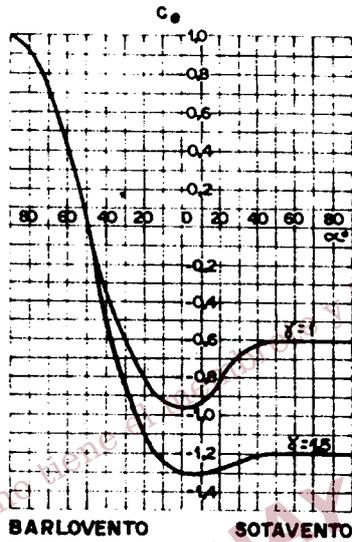


Fig. 9.7

CATEGORIA IV

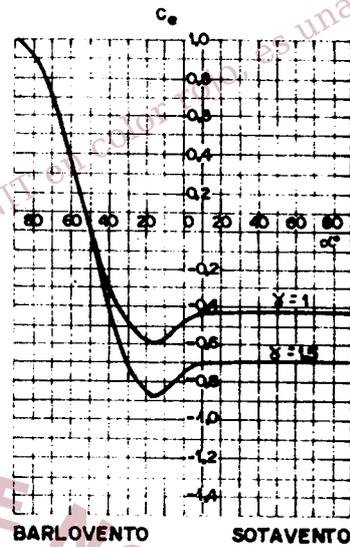


Fig. 9.8

CATEGORIA V

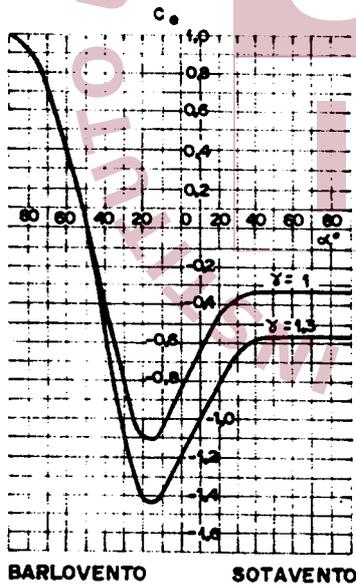


Fig. 9.9

CATEGORIA VI

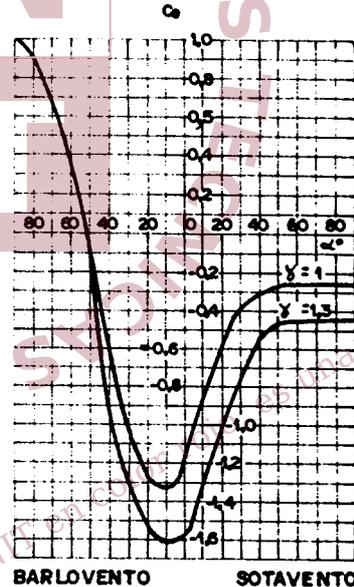


Fig. 9.10

Figuras 9.7 a 9.10. Valores del coeficiente c_e para prismas de mas de cuatro caras (categorias II y III) y cilindros (categorias IV, V y VI) de generatrices verticales separados o no del suelo, y cilindros (categorias IV, V y VI) de generatrices horizontales separados del suelo una distancia $e \geq d$. (α° es el ángulo de inclinación de la superficie plana o del plano tangente a la superficie curva, respecto a la dirección del viento).

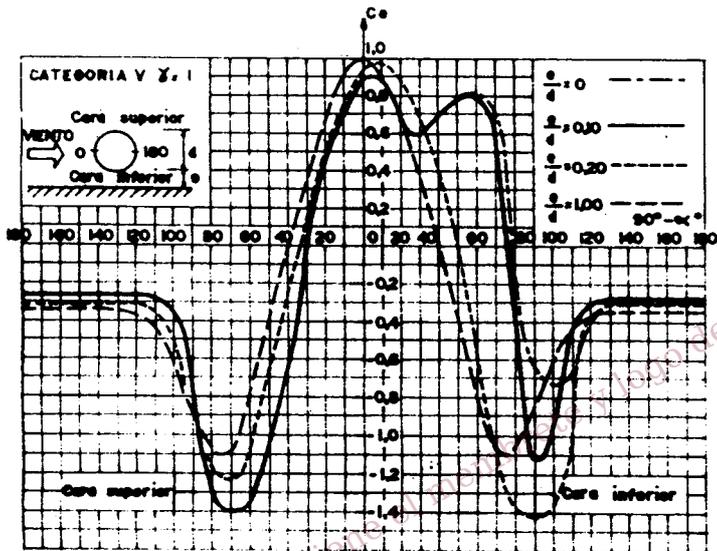


Fig. 9.11

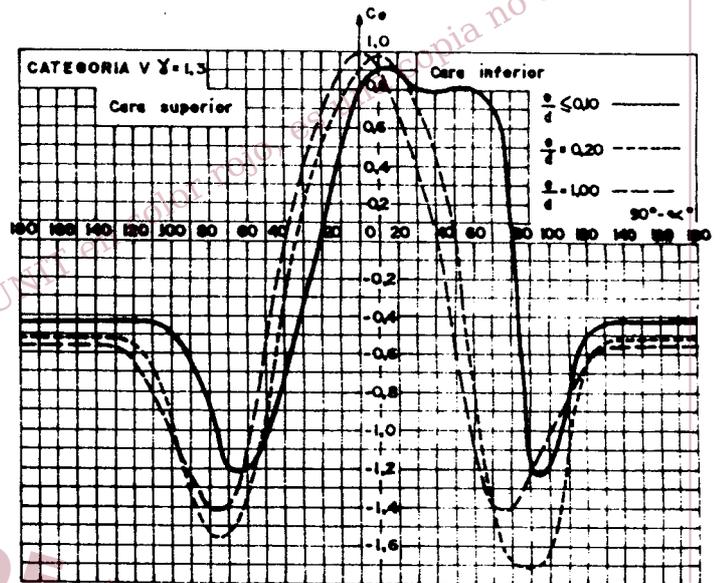


Fig. 9.12

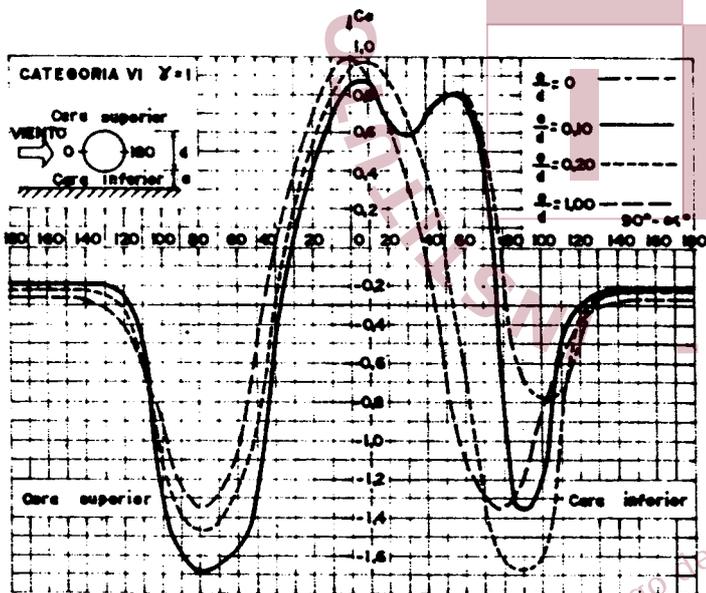


Fig. 9.13

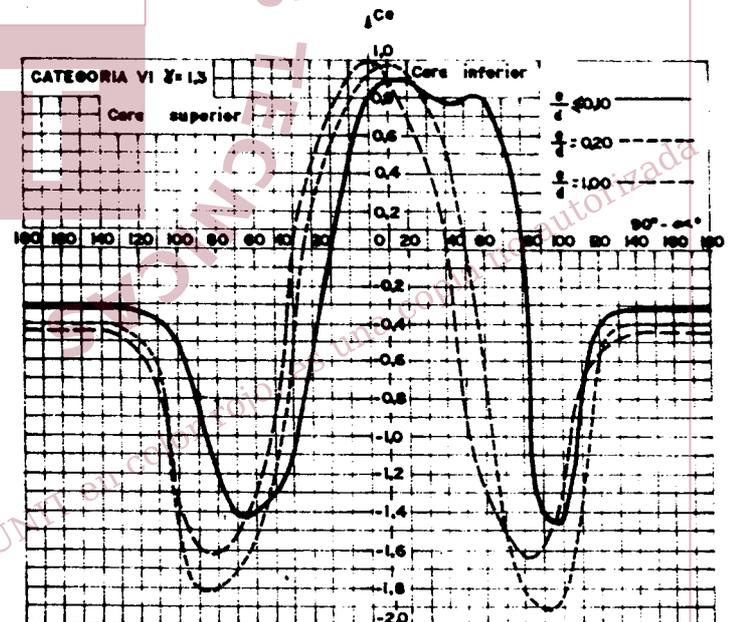


Fig. 9.14

Figuras 9.11 a 9.15. Valores del coeficiente de presión exterior c_e para cilindros (categorías V y VI) de generatrices horizontales apoyados en el suelo o separados del mismo una distancia $e < d$. ($90^\circ - \alpha^\circ$) es el ángulo de inclinación de la perpendicular a la superficie curva, respecto a la dirección del viento).

TABLA 9.2

	C_e
$\frac{e}{h} \leq 1$	- 0.8
$1 < \frac{e}{h} < 1.5$	$- 1.4 + 0.6 \frac{e}{h}$
$\frac{e}{h} \geq 1.5$	- 0.5

9.3 Presión interior

Para la determinación del coeficiente de presión interior c_i la norma distingue dos casos:

- construcciones cerradas
- construcciones abiertas

9.3.1 Construcciones cerradas

Las paredes tienen una permeabilidad $\mu \leq 5\%$. Se deberá considerar simultáneamente sobre las caras interiores de todos los locales una sobrepresión, o bien una depresión, de acuerdo con los valores de la siguiente tabla, en función del coeficiente global de empuje c_t para construcciones macizas o cerradas estancas, de acuerdo a lo indicado en 9.5.3.

TABLA 9.3

VALOR DEL COEFICIENTE DE PRESION INTERNA c_i

CATEGORIA	SOBREPRESION + c_i DEPRESION -
I	se aplica artículo 8.3
II	$\pm 0,6 (1,50 - c_t)$
III	$\pm 0,6 (1,90 - \frac{4n}{100} - c_t)$
IV	$\pm 0,6 (1,40 - c_t)$
V y VI	$\pm 0,6 (1,10 - c_t)$

9.3.2 Construcciones abiertas (categorías V y VI, únicamente).

Se considera una depresión uniforme igual a:

- $0,3.q_c$ para las construcciones abiertas en su parte superior (chimeneas);
- $0,4.q_c$ para las construcciones abiertas tanto en la parte superior como en la parte inferior (torres de refrigeración).

donde:

q_c valor de la presión dinámica de cálculo en el extremo superior de la construcción,

9.4 Presión resultante

Para cada elemento se combinan de la manera más desfavorable las presiones exteriores y las presiones interiores.

9.5 Acción de conjunto

Para el cálculo de las fuerzas resultantes de la acción del viento, la norma considera tres casos:

- prismas y cilindros de generatrices verticales;
- prismas y cilindros de generatrices horizontales;
- construcciones macizas o cerradas estancas.

9.5.1 Prismas y cilindros de generatrices verticales

Construcciones cerradas. La componente horizontal de la acción de conjunto (de empuje o de volcamiento) E, para el caso de construcciones macizas, se calcula de acuerdo con lo indicado en 9.5.3. Para el caso de construcciones huecas se integrarán los respectivos diagramas de presiones y la fuerza E se calculará adicionando vectorialmente las fuerzas resultantes, correspondientes a las distintas caras. La fuerza de elevación L (componente vertical de la acción de conjunto) tanto en construcciones macizas como huecas, se calculará adicionando vectorialmente las fuerzas resultantes correspondientes a las distintas caras.

Construcciones en las cuales las partes inferiores y superiores están abiertas, simultáneamente o no. Se calcula la fuerza E en la forma indicada en 9.5.3. En este caso $L = 0$.

9.5.2 Prismas y cilindros de generatrices horizontales

Viento perpendicular a las generatrices

- Para el caso de cilindros separados del suelo una distancia $e \geq d_M$, se aplica lo dispuesto en 9.5.1.

- Para el caso de cilindros apoyados sobre el suelo o separados del suelo una distancia $e < d_M$, además de la acción de empuje determinada según el caso $e \geq d_M$, se considera para los cilindros cuyo diámetro es menor de 1,00 m una fuerza de levantamiento L dada por:

$$L = C_L \cdot q_c \cdot A$$

donde:

- L fuerza de levantamiento (componente vertical de la acción de conjunto); en daN,
- C_L coeficiente global de levantamiento, según la tabla 9.4, adimensional;
- q_c presión dinámica de cálculo; en daN/m^2 ;
- A área de la superficie maestra, en m^2 .

TABLA 9.4

CONDICION	COEFICIENTE C_L
$d_M \sqrt{q_c} \leq 2,5$	$0,5 (1 - \sqrt{\frac{e}{d_M}})$
$2,5 < d_M \sqrt{q_c} < 5,0$	$(1 - 0,2 \cdot d_M \sqrt{q_c}) (1 - \sqrt{\frac{e}{d_M}})$
$d_M \sqrt{q_c} > 5,0$	0

q_c : expresado en decanewton por metro cuadrado
 d_M, e : expresados en metros.

Viento paralelo a las generatrices

Se consideran las fuerzas siguientes:

- la acción producida por la fuerza de empuje E, que tiene por valor:

$E = 1,00 \cdot q_c \cdot A_S$ en el caso de cilindros con fondos planos

$E = 0,40 \cdot q_c \cdot A_S$ en el caso de cilindros cuyos fondos tengan aproximadamente forma de casquete hemisférico.

donde:

- q_c presión dinámica de cálculo, en daN/m^2 ;
- A_S área de la sección recta del cilindro, en m^2 .

- si corresponde, una fuerza de empuje aplicable más allá de una distancia igual a $4d_M$ a partir de la cara expuesta y tomada igual a $0,01 q_c$ multiplicado por la superficie lateral resultante.

9.5.3 Construcciones macizas o cerradas estancas

La fuerza E ejercida sobre una cierta superficie A viene dada por la expresión siguiente:

$$E = C_t \cdot q_{z,m} \cdot A$$

donde:

- E fuerza de empuje, en daN;
- C_t coeficiente global de empuje, según la tabla 9.5, adimensional;
- $q_{z,m}$ valor medio de la presión dinámica de cálculo, en daN/m²,
- A área de referencia, en m²; para prismas de 3 ó 4 caras es una de las caras; en los restantes casos la superficie maestra.

9.5.4. Coeficiente global de empuje C_t

El coeficiente global de empuje C_t viene dado por la expresión:

$$C_t = \gamma \cdot C_{to}$$

donde:

- C_t coeficiente global de empuje total; adimensional;
- γ coeficiente que permite tomar en cuenta la separación de la construcción respecto del suelo (según 9.1.4), adimensional;
- C_{to} coeficiente global de empuje básico, según tabla 9.5, adimensional
- n número de caras;
- d_M ancho de la superficie maestra, en m;
- q_c presión dinámica de cálculo, en daN/m²

TABLA 9.5

		C_{to}	
I	PRISMAS DE 3 o 4 CARAS	1,30	
II	PRISMAS DE MAS DE 4 CARAS Y NO MAS DE 10 CARAS, CON O SIN NERVADURAS REDONDEADAS.	5 LADOS	1,05
		6 LADOS	0,95
		8 LADOS	0,85
		10 LADOS	0,80
III	PRISMAS DE MAS DE 10 CARAS Y NO MAS DE 20 CARAS, CON O SIN NERVADURAS REDONDEADAS.	$d_M \geq 0,28$	$1,05 - 0,025 n$
		$d_M \sqrt{q_c} \geq 1,5$	$1,05 - 0,025 n$
		$d_M < 0,28$ $0,5 < d_M \sqrt{q_c} < 1,5$	$0,8 - 0,02 \sqrt{q_c} - 0,25(n - 10)$
		$d_M \sqrt{q_c} \leq 0,5$	$0,85 - 0,005 n$
IV	CILINDROS CON NERVADURAS DELGADAS, O GRUESAS CON ARISTAS VIVAS (salientes entre 0,01d y 0,10 d).	0,75	
V	PRISMAS DE 20 CARAS Y MAS CON O SIN NERVADURAS REDONDEADAS Y CILINDROS RUGOSOS SIN NERVADURAS.	$d_M \geq 0,28$	0,55
		$d_M \sqrt{q_c} \geq 1,5$	0,55
		$d_M < 0,28$ $0,5 < d_M \sqrt{q_c} < 1,5$	$0,85 - 0,20 d_M \sqrt{q_c}$
		$d_M \sqrt{q_c} \leq 0,5$	0,75
VI	CILINDROS LISOS	$d_M \geq 0,28$	0,45
		$d_M \sqrt{q_c} \geq 1,5$	0,45
		$d_M < 0,28$ $0,5 < d_M \sqrt{q_c} < 1,5$	$0,90 - 0,30 d_M \sqrt{q_c}$
		$d_M \sqrt{q_c} \leq 0,5$	0,75

q_c : expresado en decanewton por metro cuadrado

d_M : expresado en metros

10 – PANELES LLENOS Y CUBIERTAS AISLADAS

Prescripciones generales

Clasificación. La norma considera:

- a) paneles llenos
- b) cubiertas aisladas
 - b₁ cubiertas de una vertiente
 - b₂ cubiertas de dos vertientes simétricas
 - b₃ cubiertas simétricas múltiples

Acciones locales. Los elementos sometidos a estas acciones (ver 8.6) deben estudiarse con un coeficiente resultante de -2.0.

10.1 Paneles llenos

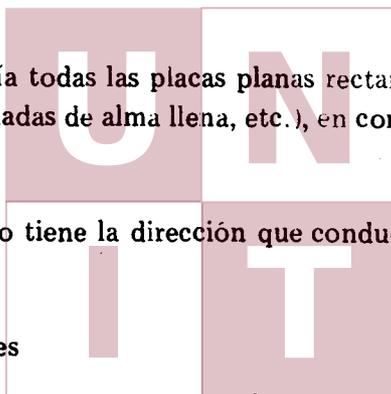
10.1.1 Características.

Entran en esta categoría todas las placas planas rectangulares verticales (muros aislados, paneles, carteles, vigas aisladas de alma llena, etc.), en contacto o no con el suelo.

10.1.2 Dirección del viento.

Se supone que el viento tiene la dirección que conduce al valor máximo del coeficiente global de empuje C.

10.1.3 Relación de dimensiones



$$\lambda = \frac{h}{l}$$

donde:

- λ relación de dimensiones;
- h altura propia del panel, en m;
- l dimensión horizontal del panel, en m.

Para paneles separados del suelo y unidos en sus extremos a dos planos de grandes dimensiones (edificios o muros), se tomará $\lambda = \infty$

10.1.4 Acción resultante total.

Para la dirección del viento que conduzca al valor máximo del coeficiente C, la acción resultante total, perpendicular al panel, se obtiene mediante la fórmula:

$$F = C \cdot h \cdot l \cdot q_c$$

donde:

- F acción resultante total, en daN/m²;

- C coeficiente global de empuje, según 10.1.5, adimensional;
- h altura propia del panel, en m;
- l longitud horizontal del panel, en m;
- q_c presión dinámica de cálculo, en daN/m^2 .

10.1.5 Coeficiente global de empuje C.

Se obtiene en la escala funcional de la tabla 10.1, en función de la relación de dimensiones λ que corresponda según la posición del panel respecto del suelo. Para los paneles separados del suelo una distancia $e < h$, el valor de C se obtiene por interpolación lineal, en función de la relación e/h , entre los valores correspondientes a $e = 0$ y $e = h$.

En los casos en que fuera necesario descomponer la acción resultante total sobre cada una de las caras, se puede considerar que la misma es la suma de una presión determinada con $C_1 = + 0,8$ sobre la cara a barlovento y de una succión determinada con $C_2 = -(C - 0,8)$ sobre la cara a sotavento.

TABLA 10.1
PANELES LLENOS: COEFICIENTE C

PANELES SEPARADOS DEL SUELO		PANELES EN CONTACTO CON EL SUELO	
$\lambda = \frac{h}{l}$		$\lambda = \frac{h}{l}$	
0	∞	∞	2.00
0.001	1000	500	
0.002	400	200	
0.005	200	100	
0.01	100	50	
0.02	80	40	
0.03	60	30	
0.04	40	20	
0.05	30	15	
0.06	20	10	
0.07	18	9	
0.08	16	8	
0.09	14	7	
0.10	12	6	
0.15	10	5	
0.20	8	4	
0.25	6	3	
0.30	5	2.5	
0.35	5	2.5	
0.40	5	2.5	
0.45	5	2.5	
0.50	5	2.5	
0.55	5	2.5	
0.60	5	2.5	
0.65	5	2.5	
0.70	5	2.5	
0.75	5	2.5	
0.80	5	2.5	
0.85	5	2.5	
0.90	5	2.5	
0.95	5	2.5	
1.00	5	2.5	

10.1.6 Acción de conjunto

Viento perpendicular u oblicuo respecto al panel. Como la dirección del viento puede ser cualquiera, la acción de conjunto para todo viento no paralelo al panel debe determinarse según 10.1.4.

Viento paralelo al panel. La acción de conjunto se asimila a una fuerza de empuje horizontal, suma de las fuerzas de fricción aplicadas en ambas caras del panel, cuyo valor unitario (para cada cara q_c tomando la cara superior del panel) es:

- 0,010. q_c para las caras planas o que presentan ondas o pliegues paralelos a la dirección del viento;
- 0,020. q_c para las caras que presentan ondas o pliegues perpendiculares a la dirección del viento;
- 0,040. q_c para las caras que presentan nervaduras perpendiculares a la dirección del viento.

10.2 Cubiertas aisladas

10.2.1 Generalidades

10.2.1.1 Entran en esta categoría las cubiertas de una o más vertientes simétricas cuyas cumbres y bordes son horizontales (ver figura 10.1), a las que el viento puede atacar por los bordes sobre toda la periferia y cuya altura mínima e sobre el suelo es:

$$e \geq (0,005\alpha + 0,55).h_\alpha \text{ para } \alpha \geq 40^\circ$$

$$e \geq 0,75.h_\alpha \text{ para } \alpha < 40^\circ$$

donde:

- h_α dimensión de una vertiente según la línea de máxima pendiente, en m;
- α ángulo de la cubierta respecto de la horizontal, en grados.

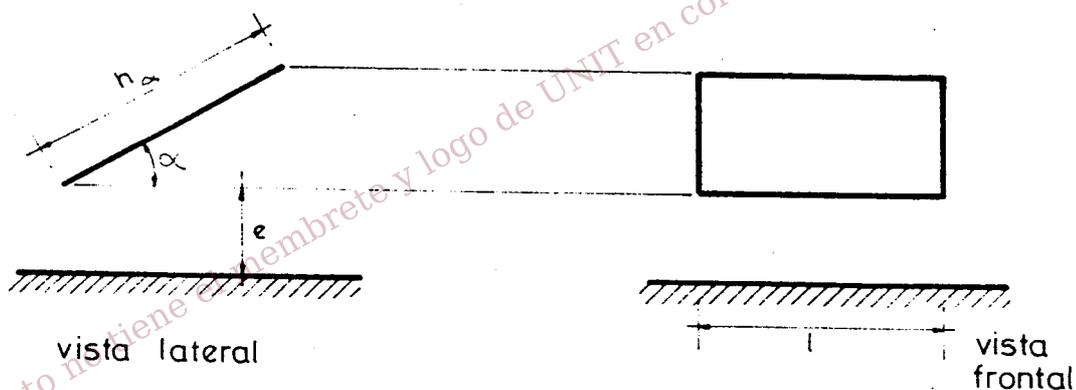


Figura 10.1

Se llama la atención sobre el hecho de que en los techados de pequeña pendiente, se produce un efecto Venturi tanto más acentuado cuanto más próximo al suelo esté el techado; por lo tanto se juzgó útil limitar la distancia e a $0,75 h\alpha$, cuando $\alpha < 40^\circ$. Para valores más pequeños de e se recomienda recurrir a ensayos, sobre todo si los techados considerados son de grandes dimensiones, o si los riesgos en caso de accidente son considerables.

10.2.1.2 Cuando por causa de su utilización, las cubiertas aisladas puedan encontrarse durante ciertos períodos, en condiciones aerodinámicas diferentes, las mismas deberán ser verificadas para esas condiciones. Por ejemplo:

- Los refugios en doble alero de los andenes, a lo largo de los cuales los trenes pueden detenerse un cierto tiempo provocando así condiciones similares a las que existen en las construcciones abiertas;
- las cubiertas aisladas bajo las que se depositen materiales; se debe considerar la posible ubicación de los mismos, que puede dar lugar, ya sea a un efecto Venturi (para el cual no es posible dar reglas generales), o bien provocar condiciones semejantes a las existentes en las construcciones abiertas.

10.2.1.3 Clasificación de las cubiertas aisladas.

Para la determinación de los coeficientes c a utilizar en los cálculos, la norma clasifica a las cubiertas en:

- cubiertas de una vertiente;
- cubiertas de dos vertientes simétricas;
- cubiertas simétricas múltiples.

10.2.2 Cubiertas de una vertiente

10.2.2.1 Generalidades. Entran en esta categoría las cubiertas planas y aquellas en forma de bóveda. Entran en esta categoría las cubiertas planas y aquellas en forma de bóveda cuyo rebaje sea menor o igual a $1/7$. En este último caso se reemplaza la bóveda por la vertiente plana formada por la cuerda.

10.2.2.2 Dirección del viento

Las direcciones del viento que proporcionan las acciones unitarias resultantes máximas y las acciones de conjunto máximas son:

- a) una dirección perpendicular al borde horizontal de la cubierta, que proporciona la acción resultante sobre el mismo y una de las acciones de conjunto;
- b) una dirección paralela al borde horizontal de la cubierta, que proporciona la segunda acción de conjunto.

10.2.2.3 Relación de dimensiones

$$\lambda = \frac{h_a}{l}$$

donde:

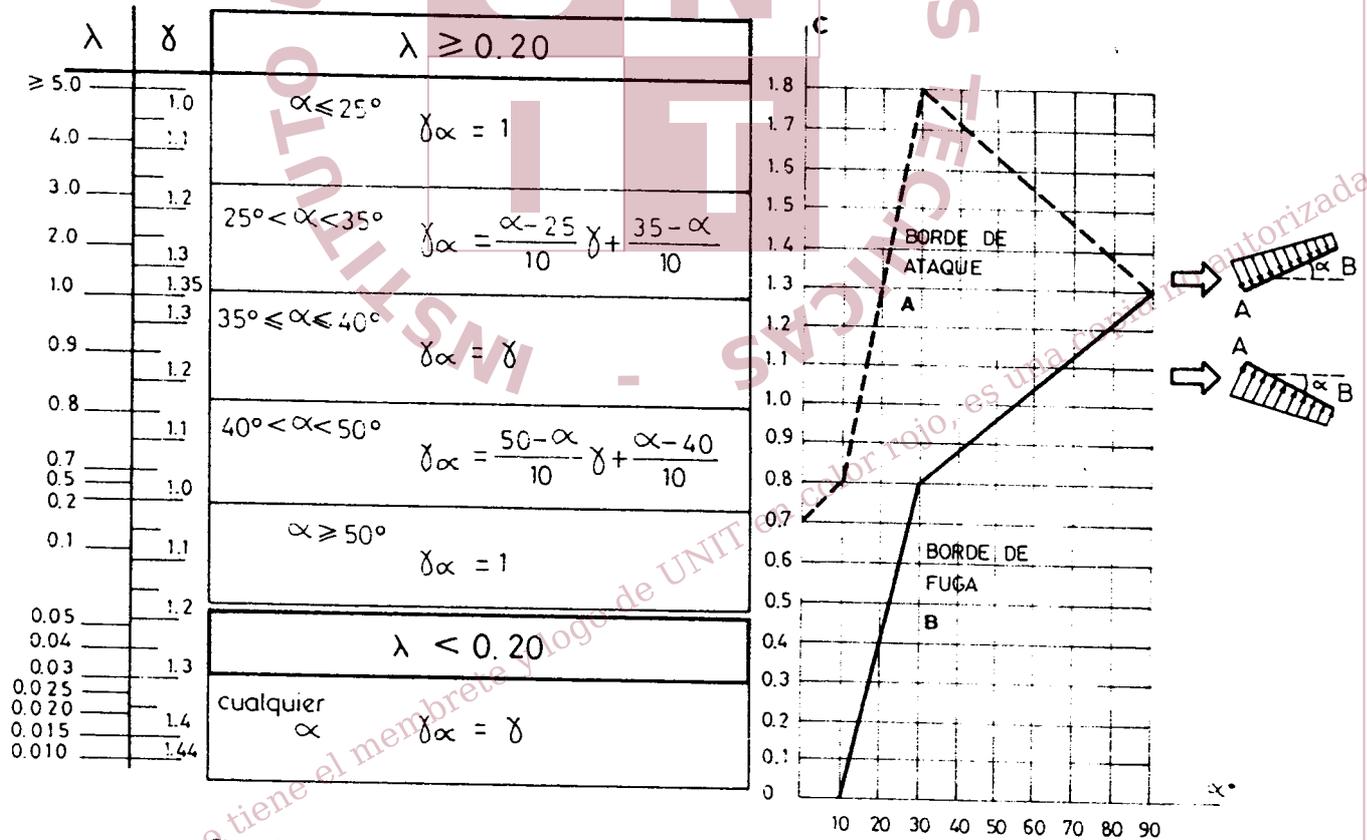
- λ relación de dimensiones:
- h_a dimensión según la línea de máxima pendiente de la vertiente, en m;
- l dimensión horizontal paralela al borde de la cubierta, en m.

10.2.2.4 Acciones unitarias resultantes

El coeficiente de presión c a tomar en cuenta varía linealmente desde el borde de ataque A al borde de fuga B. El diagrama de la Tabla 10.2 proporciona el valor de c en A y B.

Estos coeficientes c serán eventualmente multiplicados por un coeficiente γ_α , determinado según se indica en la tabla 10.2.

TABLA 10.2
CUBIERTAS AISLADAS DE UNA VERTIENTE
VIENTO PERPENDICULAR AL BORDE HORIZONTAL



CUANDO $\alpha = 0^\circ$ LA VERIFICACION DE LA ESTABILIDAD DEBE HACERSE CON:
 $c = \pm 0.7$ EN EL BORDE DE ATAQUE
 $c = 0$ EN EL BORDE DE FUGA

COEFICIENTE c

En el caso en que fuera necesario descomponer la acción unitaria resultante entre las dos caras, se procede como se indica:

a) caso de $\gamma_a = 1$

— Cara a barlovento. El coeficiente c_1 a tomar en cuenta (constante desde el borde de ataque A hasta el borde de fuga B) vale:

$$\begin{aligned} 0^\circ \leq \alpha \leq 10^\circ & \quad c_1 = 0 \\ 10^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ & \quad c_1 = + 0,8 \frac{\alpha - 10}{20} \\ \alpha \geq 30^\circ & \quad c_1 = + 0,8 \end{aligned}$$

— Cara a sotavento. El coeficiente c_2 a tomar en cuenta varía linealmente del borde de ataque A al borde de fuga B. Su valor se obtiene por diferencia entre la acción sobre la cara a barlovento y la acción resultante dada por el diagrama de la Tabla 10.2.

b) caso de $\gamma_a \neq 1$

Los coeficientes determinados según el método indicado más arriba se multiplicarán por γ_a

10.2.2.5 Acciones de conjunto

Viento perpendicular al borde horizontal de la cubierta. La acción de conjunto es igual a la acción resultante total y se obtiene mediante la fórmula:

$$F = c_m \cdot h_a \cdot l \cdot q_c$$

donde:

F acción resultante total, en daN;

c_m promedio de los valores c correspondientes a los bordes de ataque A y de fuga B;

h_a dimensión según la línea de máxima pendiente de la vertiente, en m;

l dimensión horizontal paralela al borde de la cubierta, en m;

q_c presión dinámica de cálculo, en daN/m².

La dirección de la fuerza F es perpendicular al plano de la cubierta.

Viento paralelo al borde horizontal de la cubierta. La acción de conjunto se asimila a una fuerza horizontal de empuje cuyo valor unitario está fijado en 10.1.6.

10.2.3 Cubiertas de dos vertientes simétricas.

10.2.3.1 Generalidades. Entran en esta categoría:

— cubiertas de vertientes planas;

— cubiertas de vertientes en forma de bóveda, con rebaje menor o igual a 1/7; en estos casos se reemplaza cada bóveda por la vertiente formada por la cuerda;

cubiertas en forma de bóveda simétrica con la concavidad dirigida hacia el suelo, cuyo rebaje sea menor o igual a $\frac{1}{4}$; en este caso se reemplaza la bóveda por las dos vertientes planas formadas por las semicuerdas.

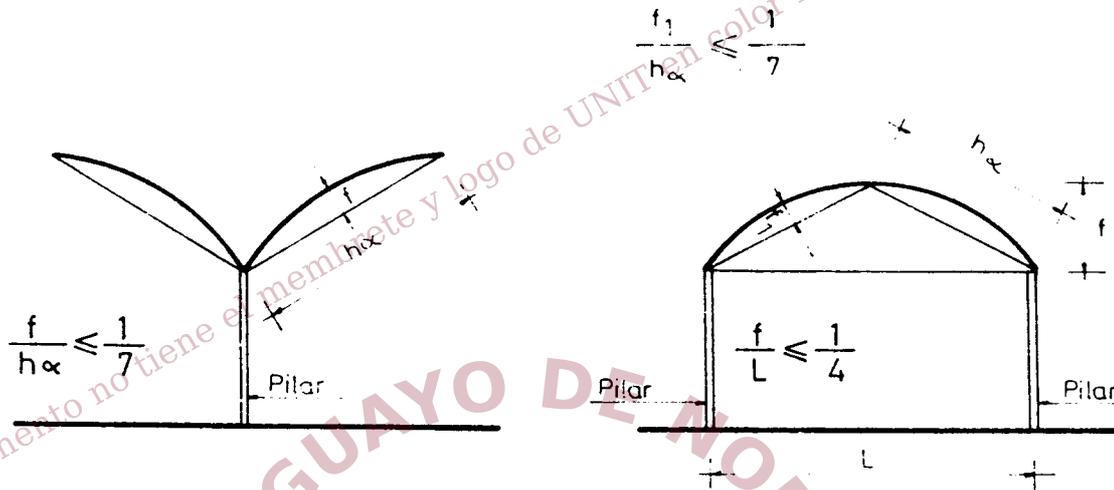


Figura 10.2

10.2.3.2 Dirección del viento

Las direcciones del viento que proporcionan las acciones unitarias resultantes máximas y las acciones de conjunto máximas son:

- una dirección perpendicular al borde horizontal, que da la acción resultante sobre la cubierta, y una de las acciones de conjunto;
- una dirección oblicua al borde horizontal, que da, hacia las extremidades de la cubierta, una acción resultante y una acción de conjunto que pueden ser más desfavorables que las debidas a un viento perpendicular;
- una dirección paralela al borde horizontal, que da la segunda acción de conjunto.

10.2.3.3 Relación de dimensiones

$$\text{para } 0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ : \lambda = \frac{h_\alpha}{l} (1 + \cos 2\alpha)$$

$$\text{para } \alpha > 45^\circ : \lambda = \frac{h_c}{l}$$

donde:

h_α dimensión de una vertiente, según la línea de máxima pendiente, en m.

l dimensión horizontal paralela al borde de una de las vertientes de la cubierta, en m:

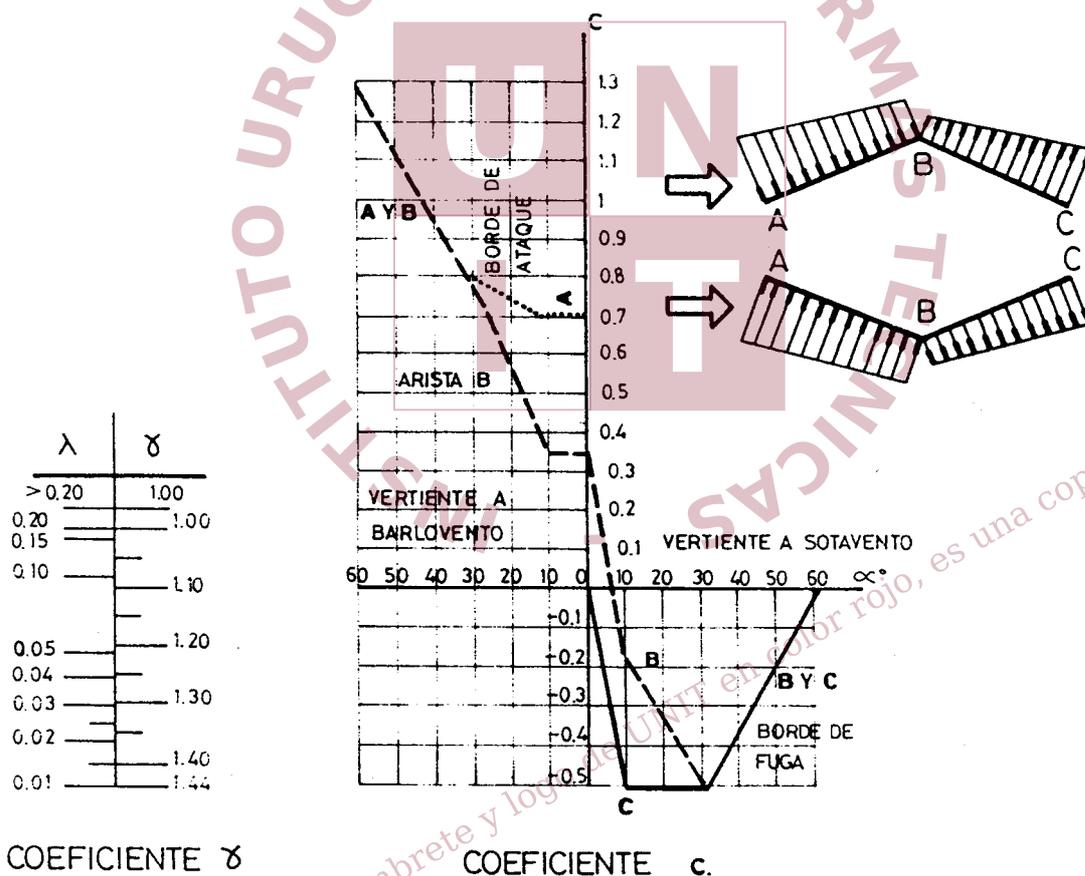
α ángulo de la línea de máxima pendiente de una vertiente con respecto a la horizontal, en grados.

10.2.3.4 Acciones unitarias resultantes.

Viento perpendicular al borde horizontal. El diagrama de la Tabla 10.3 da, en función de α comprendido entre 0° y 60° , el valor de c en el borde de ataque A, en la arista B y en el borde de fuga C; c varía linealmente entre estos puntos. Cuando $\lambda < 0,20$, estos coeficientes c se multiplican por el coeficiente γ dado por la escala funcional en función de λ , cualquiera sea el ángulo α según se indica en la Tabla 10.3

TABLA 10.3

CUBIERTAS AISLADAS CON DOS VERTIENTES SIMETRICAS
VIENTO NORMAL AL BORDE HORIZONTAL



En el caso en que fuera necesario descomponer la acción resultante entre las dos caras, se procede como se indica a continuación:

a) caso de $\gamma = 1$

- caras situadas en el exterior del ángulo diedro (lado convexo): los coeficientes c_1 a tomar en cuenta tienen valores constantes desde el borde de ataque A a la arista B (cara a barlovento) y de la arista B al borde de fuga C (cara a sotavento). Sus valores son:

- cara a barlovento (AB)

$$0^\circ + \alpha \leq 10^\circ : c_1 = 0$$

$$10^\circ < \alpha < 30^\circ : c_1 = -0.8 \frac{\alpha - 10}{20}$$

$$\alpha \geq 30^\circ : c_1 = -0.8$$

- cara a sotavento (BC)

$$0^\circ \leq \alpha < 10^\circ : c_1 = -0.5 \frac{\alpha}{10}$$

$$\alpha \geq 10^\circ : c_1 = -0.5$$

- caras situadas en el interior del ángulo diedro (lado cóncavo): el coeficiente c_2 ($c_2 = c_1 - c$) a tomar en cuenta varía linealmente de A a B y de B a C. Su valor se obtiene como diferencia entre el coeficiente c_1 sobre las caras exteriores y el coeficiente resultante dado por el diagrama de la Tabla 10.3.

b) caso de $\gamma \neq 1$.

Los coeficientes determinados por el método más arriba se multiplicarán por γ , dado por Tabla 10.3.

Viento oblicuo respecto al borde horizontal. Se agrega a los valores resultantes del caso precedente, una sobrepresión uniforme sobre la cara interior del ángulo diedro con $c = +0,5$, ya sea en una extremidad o bien en la otra en el sentido longitudinal sobre una longitud igual como máximo a la altura h_α , de la vertiente (ver figura 10.3).

Si se diera el caso, sería necesario verificar las cubiertas aisladas que se encuentran provisoriamente en condiciones aerodinámicas diferentes de las precisadas más arriba.

CASO A: $l \leq 2 \cdot h\alpha$

CASO B: $l > 2 \cdot h\alpha$

SOBREPRESION CON $C_e + 0.5$ EN TODA LA CARA INTERIOR DEL DIEDRO.

SOBREPRESION CON $C_e + 0.5$ SOBRE LA CARA INTERIOR DEL DIEDRO EN LAS ZONAS SOMBRADAS (NO SIMULTANEAMENTE).

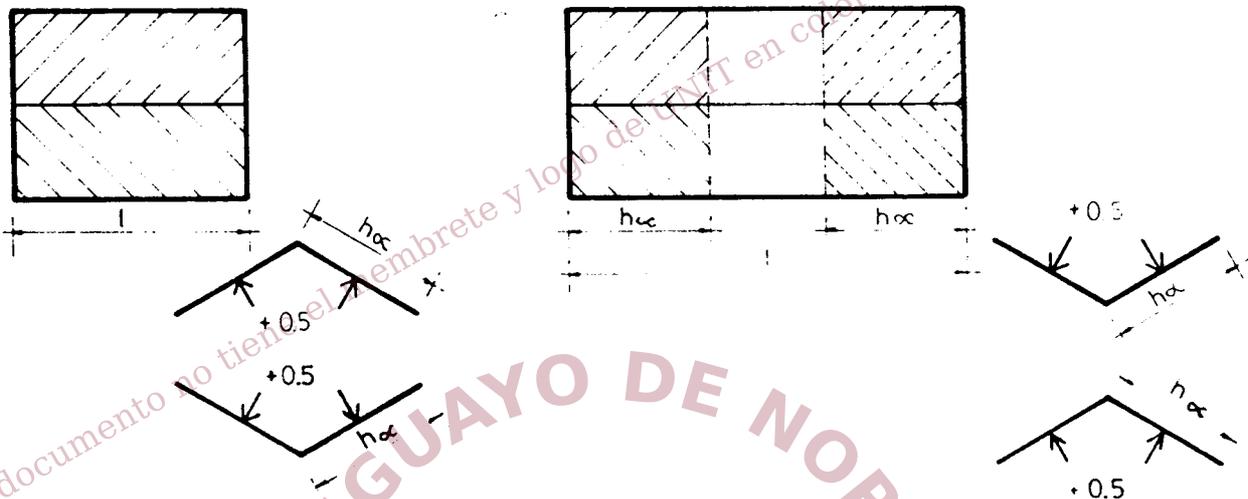


Fig. 10.3

10.2.3.5 Acciones de conjunto

Viento perpendicular al borde horizontal. Se aplican a las dos vertientes de la cubierta las resultantes de las acciones unitarias determinadas según 10.2.3.4.

Viento oblicuo respecto del borde horizontal. Se aplican a las dos vertientes de la cubierta las resultantes de las acciones unitarias determinadas según 10.2.3.4. La sobrepresión de + 0,5 sobre la cara interior del ángulo diedro no se aplica más que a una sola extremidad a la vez.

Viento paralelo al borde horizontal, es decir, cuando la cubierta se encuentra en la dirección del viento, la acción de conjunto se asimila a una fuerza horizontal de empuje, cuyo valor unitario está fijado en 10.1.6 .

10.2.4 Cubiertas simétricas múltiples

10.2.4.1 Generalidades. Entran en esta categoría:

- techados múltiples con vertientes planas;

- techados múltiples con vertientes en forma de bóveda, cuyo rebaje sea menor o igual a 1/7; en este caso se reemplazará cada bóveda por la vertiente plana formada por la cuerda;
- techados múltiples de bóvedas simétricas con la concavidad dirigida hacia el suelo, de rebaje menor o igual a 1/4; en este caso se reemplaza cada bóveda por las dos vertientes planas formadas por las semicuerdas.

10.2.4.2 Acciones unitarias resultantes

Viento perpendicular al borde horizontal. Los coeficientes c a tomar en cuenta son los siguientes:

- primer techado a barlovento y último techado a sotavento: coeficiente c correspondiente a los de un techado único;
- techados intermedios: en las superficies protegidas, coeficientes c reducidos en un 25% (*).

Viento oblicuo respecto al borde horizontal. (ver 10.2.3.4 viento oblicuo). En el caso que ninguna construcción permanente impida la acción del viento, se deberá tener en cuenta una sobrepresión de + 0,5 sobre la cara interior de las vertientes.

10.2.4.3 Acciones de conjunto

Viento perpendicular al borde horizontal. Se aplican simultáneamente:

- a la primera y a la última vertiente los esfuerzos determinados según 10.2.3.4;
- a la superficie proyectada en planta de todas las otras partes del techado, a media altura de las vertientes, una fuerza horizontal de empuje, que se obtendrá aplicando fuerzas unitarias iguales a:

$$(0,001 \alpha + 0,02) q_c$$

para los techados con vertientes planas que forman un ángulo α con respecto a la horizontal, con un máximo de $0,02 q_c$ y un mínimo de $0,03 q_c$ para los techados en bóvedas.

donde:

q_c presión dinámica de cálculo al nivel del coronamiento de la cubierta, en da N/m^2 .

Viento paralelo al borde horizontal. Es decir, cuando el techado se encuentra en la dirección del viento, la acción de conjunto se asimila a una fuerza de empuje cuyo valor unitario está fijado en 10.1.6.

(*) Las superficies protegidas son aquellas situadas por debajo de la superficie descrita por una generatriz de pendiente igual al 20% hacia el suelo y que apoya sobre el contorno aparente de las construcciones protectoras.

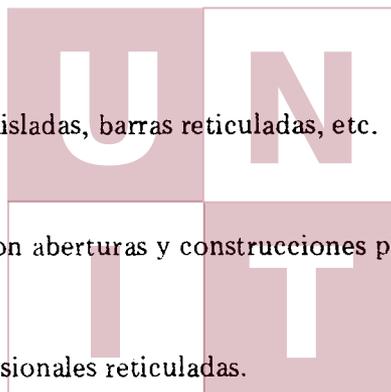
11 – CONSTRUCCIONES PLANAS CON ABERTURAS Y CONSTRUCCIONES RETICULADAS

11.1 Prescripciones generales

11.1.1 Clasificación de las construcciones con aberturas y construcciones reticuladas

A efectos de determinar el coeficiente de forma C a utilizar en el cálculo, la norma agrupa a las construcciones en:

- Elementos lineales.
Barras, vigas, columnas aisladas, barras reticuladas, etc.
- Elementos planos.
Construcciones planas con aberturas y construcciones planas reticuladas.
- Elementos espaciales.
Construcciones tridimensionales reticuladas.



11.2 Elementos lineales

11.2.1 Características

11.2.1.1 Una barra está caracterizada por una de sus dimensiones transversales e y su longitud l . Se presume sección constante.

11.2.1.2 La norma analiza el comportamiento de una barra aislada, aún cuando esté vinculada a otra barra o a cualquier elemento de sostén.

11.2.2 Relacion de dimensiones

La relación de dimensiones λ de una barra es la relación entre su longitud l y la dimensión transversal de la barra perpendicular a la dirección del viento (e_α) (figura 11.1)

$$\lambda = \frac{l}{e_\alpha}$$

11.2.3 Clasificación de las barras

La norma clasifica a las barras en:

- Barras con aristas vivas o poco redondeadas (11.2.4)
- Barras de contorno circular (11.2.5)

11.2.4 Barras con aristas vivas o poco redondeadas

11.2.4.1 Acción del viento sobre una barra

La fuerza resultante F es la suma de dos fuerzas dirigidas según dos direcciones perpendiculares entre ellas que pueden ser:

- a) F_x dirigida según la dirección del viento y F_y perpendicular a esta dirección.
- b) F_N y F_T paralelas a las dos direcciones principales indicadas en tabla 11.2.

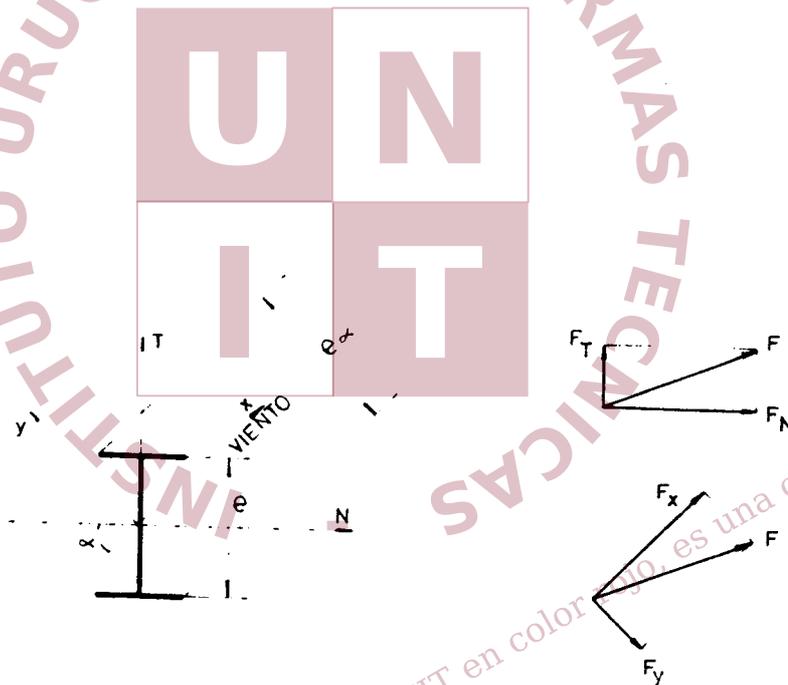


Figura 11.1

11.2.4.2 Cálculo de las componentes de la acción del viento F

Las fuerzas F_x , F_y , F_N y F_T se calculan con la expresión:

$$F_i = k_\lambda \cdot C_i \cdot q_c \cdot l \cdot e$$

donde:

F_i fuerza componente de la acción del viento, en daN:

(F_x , F_y , F_N o F_T):

C_i coeficiente de forma según la fuerza a calcular, se adoptará C_x , C_y , C_N , ó C_T , de acuerdo con la tabla 11.2:

q_c presión dinámica de cálculo, en da N m²:

l longitud de la barra, en m:

e dimensión transversal de la barra, según dibujos Tabla 11.2, en m:

k_λ coeficiente aerodinámico indicado en tabla 11.1, que depende de la relación de dimensiones λ definida en 11.2.2

11.2.4.2.1 Coeficiente de forma C_x , C_y , C_N , C_T .

Los coeficientes de forma que se establecen en las tablas son aplicables a la superficie e x l cualquiera sea la dirección del viento.

11.2.4.2.2 Coeficiente aerodinámico para perfiles de longitud cualquiera.



TABLA 11.1

PERFILES	λ	k_λ
ALEJADOS DEL SUELO O DE UNA PARED	≤ 5	1
	> 5	VER FIG. 11.14
ADYACENTES AL SUELO O A UNA PARED	≤ 2.5	1
	> 2.5	VER FIG. 11.14

TABLA 11.2

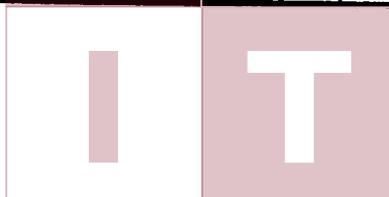
COEFICIENTES DE FORMA (C_x, C_y, C_N, C_T) PARA BARRAS DE ARISTAS VIVAS O POCO REDONDEADAS

α	Fig. 11.2				Fig. 11.3				Fig. 11.4			
	C_x	C_y	C_T	C_N	C_x	C_y	C_T	C_N	C_x	C_y	C_T	C_N
0°	+1.49	± 0.00	+1.05	+1.05	+1.20	± 0.00	± 0.00	+1.20	+1.20	+0.60	+0.60	+1.20
45°	+1.08	-1.29	+1.08	+1.29	+1.02	-0.51	+0.36	+1.08	+1.10	+0.42	+0.48	+1.08
90°	+1.02	+0.42	+0.42	-1.02	+0.36	± 0.00	+0.36	± 0.00	+0.48	-1.20	+0.48	+1.20
135°	+1.14	-0.12	+0.12	-1.14	+0.85	+0.51	+0.24	-0.96	+1.00	+0.32	+0.48	-0.93
180°	+1.11	± 0.00	-0.78	-0.78	+1.08	± 0.00	± 0.00	-1.08	+1.20	-0.06	+0.06	-1.20

α	Fig. 11.5				Fig. 11.6				Fig. 11.7			
	C_x	C_y	C_T	C_N	C_x	C_y	C_T	C_N	C_x	C_y	C_T	C_N
0°	+1.20	± 0.00	± 0.00	+1.20	+0.93	± 0.00	± 0.00	+0.93	+1.26	± 0.00	± 0.00	+1.26
45°	+1.02	-0.51	+0.36	+1.08	+1.31	-0.13	+0.84	+1.02	+0.89	-0.30	+0.42	+0.84
90°	+0.51	± 0.00	+0.51	± 0.00	+1.14	± 0.00	+1.14	± 0.00	+0.45	± 0.00	+0.45	± 0.00

TABLA 11.2.— (continuación)

α	Fig. 11.8				Fig. 11.9				Fig. 11.10			
	ζ_x	ζ_y	ζ_T	ζ_N	ζ_x	ζ_y	ζ_T	ζ_N	ζ_x	ζ_y	ζ_T	ζ_N
0°	+090	±000	±000	+090	+096	±000	±000	+096	+108	±000	±000	+108
45°	+068	-055	+009	+087	+142	+049	+135	+066	+076	±000	+054	+054
90°	+055	+043	+055	-043	+129	-081	+129	+081	+108	±000	+108	±000
135°	+055	-034	+063	-015	+081	+021	+042	-072	+055	±000	+039	-039
180°	+087	±000	±000	-087	+120	±000	±000	-120	+108	±000	±000	-108



α	Fig. 11.11				Fig. 11.12				Fig. 11.13			
	ζ_x	ζ_y	ζ_T	ζ_N	ζ_x	ζ_y	ζ_T	ζ_N	ζ_x	ζ_y	ζ_T	ζ_N
0°	+075	±000	±000	+075	+120	±000	±000	+120	+114	±000	±000	+114
45°	+123	-013	+078	+096	+081	-072	+006	+108	+127	±000	+090	+090
90°	+078	±000	+078	±000	+006	±000	+006	±000	+114	±000	+114	±000

11.2.5 Barras de contorno circular (macizas o huecas)

11.2.5.1 La fuerza perpendicular al eje debida a la acción del viento sobre una barra de contorno circular está dada por la expresión:

$$F = k_{\lambda} \cdot C_t \cdot q_c \cdot l \cdot d$$

donde:

F fuerza resultante sobre la barra, en daN;

C_t coeficiente de forma según la tabla 11.3;

q_c presión dinámica de cálculo, en daN/m²;

l longitud de la barra, en m;

d diámetro de la barra, en m;

k_{λ} coeficiente aerodinámico indicado en tabla 11.4 que depende de la relación de dimensiones $\lambda = \frac{l}{e_{\alpha}}$, donde: $e_{\alpha} = d$

11.2.5.2 Coeficiente de forma C_t

El coeficiente de forma C_t se establece en la tabla 11.3 según el régimen de flujo del viento, en función de la expresión:

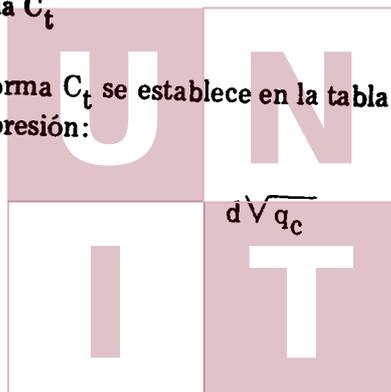


TABLA 11.3

BARRAS DE CONTORNO CIRCULAR	
$d \sqrt{q_c} \leq 0,5$	$C_t = 0,75$
$0,5 < d \sqrt{q_c} < 1,5$	$C_t = 0,85 - 0,2d \sqrt{q_c}$
$d \sqrt{q_c} \geq 1,5$	$C_t = 0,55$
d: expresado en metros q_c : expresado en decanewton por metro cuadrado.	

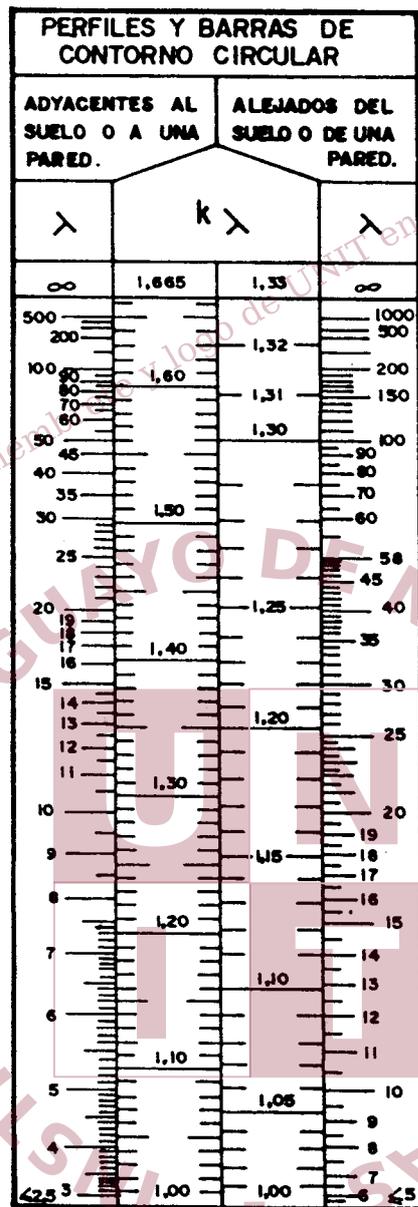


Figura 11.14

Coefficientes aerodinámicos para barras de longitud cualquiera

11.2.5.3 Coeficiente aerodinámico para barras de contorno circular de longitud cualquiera

El coeficiente aerodinámico k_λ se establece en la tabla 11.4 y figura 11.2 en función de la esbeltez y de su posición respecto a un plano o una pared.

TABLA 11.4

BARRAS DE CONTORNO CIRCULAR	λ	k_{λ}
ALEJADOS DEL SUELO O DE UNA PARED	≤ 5	1
	> 5	VER FIG.11.14
ADYACENTES AL SUELO O A UNA PARED	≤ 2.5	1
	> 2.5	VER FIG.11.14

11.3 Elementos planos

11.3.1 Características

11.3.1.1 La norma considera dentro de esta categoría a los paneles con aberturas y reticulados. Estos paneles o estas vigas pueden ser únicas o múltiples. Los elementos planos están caracterizados por la relación de solidez que es:

$$\varphi = \frac{A_e}{A}$$

donde:

- φ relación de solidez;
- A_e área efectiva del reticulado o panel, perpendicular a la dirección del viento, descontando huecos, en m^2 ;
- A_t área encerrada dentro del perímetro exterior del reticulado o panel, incluyendo huecos, en m^2

11.3.1.2 Clasificación

La norma clasifica a los elementos planos en:

- elementos planos únicos
- elementos planos múltiples

11.3.1.3 El cálculo de la acción del viento que actúa perpendicularmente al plano medio de una viga de reticulado, además del método global definido en este capítulo, puede realizarse efectuando la suma de las fuerzas aplicadas en todas las barras determinadas según 11.2.

11.3.2 Elementos planos únicos

11.3.2.1 Dirección del viento

La dirección del viento se supone perpendicular al plano del elemento.

11.3.2.2 Acción de conjunto.

La acción de conjunto estará dada por la expresión:

$$F = C_e \cdot q_{cm} \cdot A_e$$

donde:

F acción de conjunto, en da N;

C_e coeficiente global de empuje, según fig. 11.3.

q_{cm} valor medio de la presión dinámica de cálculo, en daN/m²;

A_e área efectiva del reticulado o panel perpendicular a la dirección del viento, descontando huecos, en m²

En el caso que el elemento presente sectores caracterizados por valor de γ netamente diferentes, será necesario calcular la acción del viento sobre cada sector y sumar los efectos. La relación de dimensiones λ será la que corresponde al elemento total.

11.3.2.3 Coeficiente global de empuje para barras de aristas vivas.

Los valores del coeficiente global de empuje C_E están dados por el diagrama de la fig. 11.3 en función del coeficiente ψ y de la relación λ.

La relación λ es leída sobre la escala funcional de la misma figura en la columna de la derecha para los elementos planos aislados aerodinámicamente y en la columna de la izquierda para los elementos planos que tienen uno de sus lados en contacto con una superficie plana.

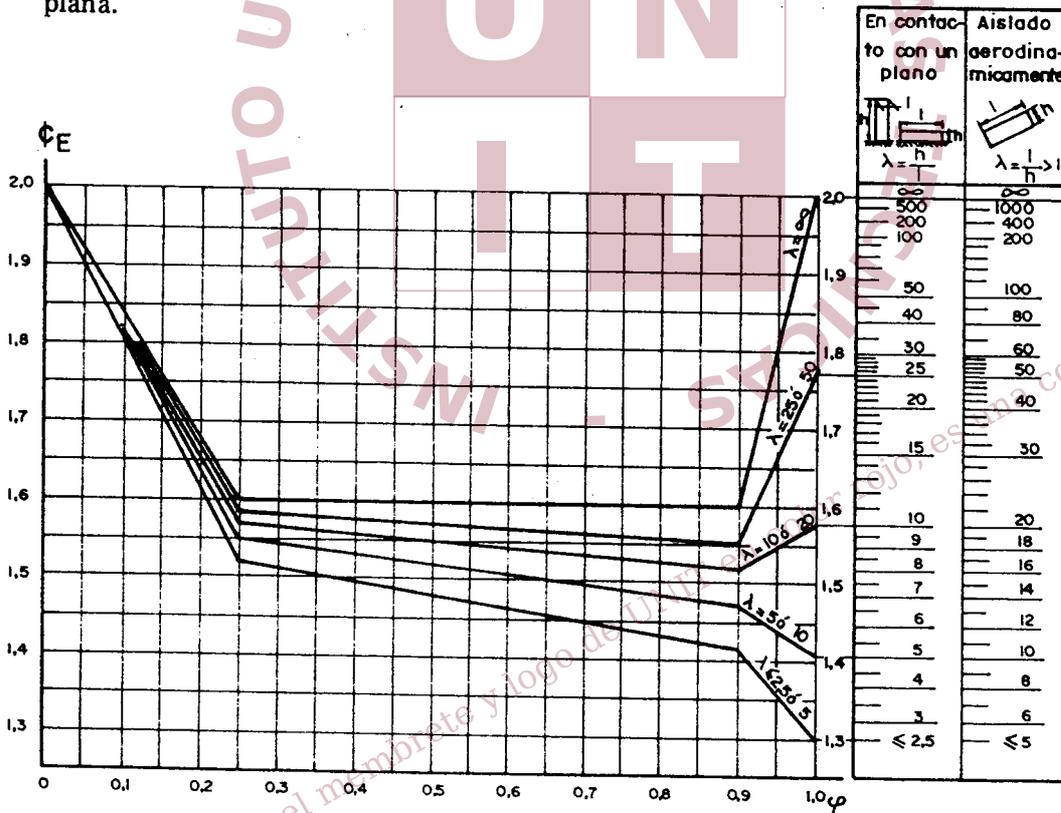


Figura 11.15

Elementos planos únicos en construcción con aberturas y en reticulados

11.3.2.4 Coeficiente global de empuje para barras de contorno circular.

Se obtiene el coeficiente global C_E multiplicando por 0,6 el valor obtenido en el caso precedente.

11.3.2.5 La acción del viento actuando perpendicular a un elemento plano, puede obtenerse también efectuando la suma de los esfuerzos de todas las barras que lo componen.

$$F = \sum k_{\lambda i} \cdot C_i \cdot q_{ci} \cdot l_i \cdot e_i$$

donde:

- F acción de conjunto, en daN;
- $k_{\lambda i}$ coeficiente aerodinámico indicado en tablas 11.1 ó 11.4
- C_i coeficiente de forma, (según tablas 11.2. y 11.3.
- q_{ci} presión dinámica de cálculo para cada barra, en daN/m².
- l_i longitud de la barra, en m;
- a_i dimensión transversal de la barra, en m;

11.3.3 Elementos planos múltiples

11.3.3.1 Se refiere al caso de dos o más estructuras colocadas paralelamente con una separación S entre ellas.

11.3.3.2 Dirección del viento y principios de cálculo.

Se supone que el viento sopla con una dirección cuyo ángulo con el plano de los elementos es superior a 65°, por lo que resulta que los elementos posteriores al primero, presentan zonas directamente golpeadas por el viento y zonas protegidas.

En el caso de reticulados de aristas vivas o débilmente redondeadas, se toma en cuenta una reducción sobre las partes protegidas de los elementos posteriores al primero.

Estos elementos deben tener por características:

- 1o.) ser idénticos entre ellos.
- 2o.) relación de solidez $\psi \leq 0,6$.
- 3o.) estar dispuestos paralelamente a una distancia S entre ellos, tal que la razón $\frac{S}{l}$ sea inferior o igual a 5 ($\frac{S}{l} \leq 5$); siendo l la dimensión menor de cada elemento.

No se admitirá ninguna reducción para los elementos en los cuales la razón $\frac{S}{l}$ sea superior a 5 ni en las zonas directamente golpeadas por el viento, actuando según una dirección cuyo ángulo con el plano del elemento es superior o igual a 65°.

En el caso de reticulados constituidos por piezas de contorno circular, no se admitirá ningún tipo de reducción, cualquiera sea la razón $\frac{S}{l}$, salvo justificación experimental directa.

11.3.4 Valor de las presiones sobre los diferentes planos

En el caso general de perfiles con aristas vivas o débilmente redondeadas, las presiones ejercidas son las siguientes:

- sobre la pieza a barlovento:

$$P_1 = C_E \cdot q_c$$

donde: C_E calculado según 11.3.2.3.

- sobre las zonas protegidas del 2o. elemento.

$$P_2 = \eta \cdot P_1$$

- sobre las zonas protegidas del n-simo elemento:

$$P_n = \eta \cdot P_{n-1}$$

obteniéndose el coeficiente de reducción η en la tabla 11.5

TABLA 11.5

	η
$\frac{S}{l} \leq 2$	$1 - 1,2 \varphi$
$2 < \frac{S}{l} < 5$	$1 - 0,4 \varphi \left(5 - \frac{S}{l} \right)$
$\frac{S}{l} \geq 5$	1,00

11.4 Elementos espaciales

11.4.1 Características

La norma considera como elementos espaciales a las torres reticuladas en todas sus caras, de sección transversal constante o aproximadamente constante, sin revestir. La sección

transversal puede adoptar la forma de cuadrado, rectángulo o triángulo, y las barras de cada plano vertical serán simples o gemelas, de igual forma y sección.

11.4.2 Clasificación

La norma agrupa a los elementos espaciales en:

- torres formadas por barras de aristas vivas o poco redondeadas (11.4.3)
- torres formadas por barras de contorno circular, macizas o huecas (11.4.4).

11.4.3 Torres formadas por barras de aristas vivas o poco redondeadas

La norma considera:

- torres de sección cuadrada según el método global aplicable para $0,08 \leq \varphi \leq 0,35$ (11.4.3.1)
- torres de sección en forma de triángulo equilátero según el método global aplicable para $0,08 \leq \varphi \leq 0,35$ (11.4.3.2)
- torres de sección cuadrada o rectangular según el método por adición aplicable para $\varphi < 0,6$ (11.4.3.3).

11.4.3.1 Torres de sección cuadrada según el método global aplicable para $0,08 \leq \varphi \leq 0,35$

La norma considera la acción de conjunto según la dirección del viento:

- incidencia perpendicular a una cara (11.4.3.1.1)
- incidencia según una diagonal (11.4.3.1.2)

11.4.3.1.1 Incidencia perpendicular a una cara

La acción de conjunto está dada por la expresión:

$$F = C_E \cdot q_{cm} \cdot A_e$$

donde:

- F acción de conjunto, en daN;
- C_E coeficiente global de empuje según tabla 11.6, adimensional;
- q_{cm} valor medio de la presión dinámica de cálculo, en daN/m²;
- A_e área efectiva del reticulado o panel perpendicular a la dirección del viento, descontando huecos, en m².

TABLA 11.6

VALORES DEL COEFICIENTE GLOBAL DE EMPUJE C_E , en función de la relación de solidez φ , para torres formadas por barras de aristas vivas o poco redondeadas e incidencia del viento perpendicular a una cara.

φ	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
$C_E = 3,20 - 2 \varphi$	3,04	3,00	2,90	2,80	2,70	2,60	2,50

11.4.3.1.2 Incidencia según una diagonal.

El coeficiente global de empuje C_E a utilizar, se establece en tabla 11.7. Los valores dados en dicha tabla, se obtienen de multiplicar los establecidos para el caso de incidencia perpendicular a una cara, por un coeficiente Z , que es función de la naturaleza de la estructura y que como complemento se menciona en tabla 11.8.

TABLA 11.7

VALORES DEL COEFICIENTE GLOBAL DE EMPUJE C_E , EN FUNCION DE LA RELACION DE SOLIDEZ φ , PARA TORRES FORMADAS POR BARRAS DE ARISTAS VIVAS O POCO REDONDEADAS E INCIDENCIA DEL VIENTO SEGUN LA DIRECCION DE LA DIAGONAL

φ	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
Barras simples							
Metálica	3,19	3,18	3,16	3,14	3,11	3,07	3,03
Hormigón y madera	3,65	3,60	3,48	3,36	3,24	3,12	3,00
Barras dobles (gemelas)							
Metálica y hormigón	3,65	3,60	3,48	3,36	3,24	3,12	3,00
Madera	3,95	3,90	3,77	3,64	3,51	3,36	3,25

TABLA 11.8

VALORES DEL COEFICIENTE Z PARA DISTINTOS TIPOS DE ESTRUCTURAS

Naturaleza de la estructura	Coeficiente Z	
	Barras simples	Barras dobles (gemelas)
Estructura reticulada metálica	$1 + 0,6 \varphi$	1,2
Estructura reticulada de h. armado	1,2	1,2
Estructura reticulada de madera	1,2	1,3

11.4.3.1.3 Descomposición de la acción de conjunto.

En los casos en que sea necesario repartir la acción de conjunto según los diferentes planos de los reticulados, se multiplicará el valor de la acción del viento F por los valores de los coeficientes n ó t, que figuran en la tabla 11.9 obteniéndose:

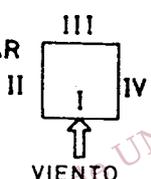
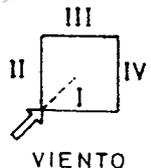
$$F_n = n \cdot C_E \cdot q_{cm} \cdot A_e$$

$$F_t = t \cdot C_E \cdot q_{cm} \cdot A_e$$

donde:

- F_n componente de la acción del viento perpendicular a la cara considerada, en daN;
- F_t componente de la acción del viento paralela a la cara considerada, en daN;
- n coeficiente para obtener la componente F_n ;
- t coeficiente para obtener la componente F_t ;
- C_E coeficiente global de empuje, adimensional;
- q_{cm} valor medio de la presión dinámica de cálculo, en daN/m²;
- A_e área efectiva de la cara de la torre, descontando huecos, en m².

TABLA 11.9

CARA CONSIDERADA		BARRAS DE ARISTAS VIVAS O DEBILMENTE REDONDEADAS			
		I	II	III	IV
INCIDENCIA PERPENDICULAR A UNA CARA. 	n	0,63	0,0	0,37	0,0
	t	0,0	0,0	0,0	0,0
INCIDENCIA SEGUN UNA DIAGONAL 	n	0,22	0,22	0,13	0,13
	t	0,22	0,22	0,13	0,13
n = COEFICIENTE PARA OBTENER LA COMPONENTE F_n .					
t = COEFICIENTE PARA OBTENER LA COMPONENTE F_t .					

11.4.3.2 Torres de sección en forma de triángulo equilátero según el método global aplicable para $0,08 \leq \varphi \leq 0,35$

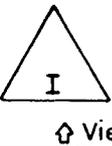
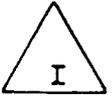
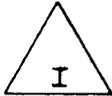
11.4.3.2.1 La norma considera la acción de conjunto según la dirección del viento:

- incidencia perpendicular a una cara.
- incidencia según una bisectriz.
- incidencia paralela a una cara.

Los valores del coeficiente global de empuje C_E están dados en tabla 11.10 para distintos valores de la relación de solidez φ

TABLA 11.10

VALORES DEL COEFICIENTE GLOBAL DE EMPUJE C_E , EN FUNCION DE LA RELACION DE SOLIDEZ φ , PARA TORRES FORMADAS POR BARRAS DE ARISTAS VIVAS O POCO REDONDEADAS.

Incidencia	Coeficiente	Relación de solidez (φ)						
		0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
Perpendicular a una cara.  ↑ Viento	$C_E = (3,2 - 4 \varphi)$	2,88	2,80	2,60	2,40	2,20	2,00	2,00 (mínimo)
Según la bisectriz  ↗ Viento	$C_E = (2,6 - 2 \varphi)$	2,44	2,40	2,30	2,20	2,10	2,00	1,90
Paralela a una cara  ↗ Viento	$C_x = (2,6 - 2 \varphi)$	2,44	2,40	2,40	2,20	2,10	2,00	1,90
	$C_y = (+ 0,8)$	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

11.4.3.2.2 Descomposición de la acción de conjunto

En los casos en que sea necesario repartir la acción de conjunto según los diferentes planos de los reticulados, se multiplicará el valor de la acción del viento F por los valores de los coeficientes n ó t , que figuran en la tabla 11.11 obteniéndose:

$$F_n = n \cdot C_E \cdot q_{cm} \cdot A_e$$

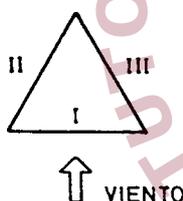
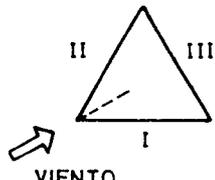
$$F_t = t \cdot C_E \cdot q_{cm} \cdot A_e$$

donde:

- F_n componente de la acción del viento perpendicular a la cara considerada, en daN;
- F_t componente de la acción del viento paralela a la cara considerada, en daN;
- n coeficiente para obtener la componente F_n ;
- t coeficiente para obtener la componente F_t ;
- C_E coeficiente global de empuje; adimensional;
- q_{cm} valor medio de la presión dinámica de cálculo, en daN/m²;
- A_e área efectiva de la cara de la torre, descontando huecos, en m².

TABLA 11.11

VALORES DE LOS COEFICIENTES n y t , PARA LAS DISTINTAS CARAS DE LA TORRE

Incidencia	Cara considerada			
	Coef.	I	II	III
PERPENDICULAR A UNA CARA 	n	0,63	0,09	0,09
	t	0,00	0,16	0,16
SEGUN LA BISECTRIZ 	n	0,16	0,16	0,37
	t	0,27	0,27	0,00
PARALELO A UNA CARA 	n	1,67 - 1,09 φ	0,00	0,68 - 0,64 φ
	t	-0,38 + 0,63 φ	0,00	0,74 - 0,37 φ
n = Coeficiente para obtener la componente F_n . t = Coeficiente para obtener la componente F_t .				

11.4.3.3 Torres de sección cuadrada o rectangular según el método por adición aplicable para $\varphi \leq 0,60$).

Para incidencia perpendicular en cada cara se determinan los esfuerzos aplicados sobre los dos planos de reticulados según 11.3.3. y se suman.

11.4.4 Torres formadas por barras de contorno circular, macizas o huecas

La norma considera:

- torres de sección cuadrada según el método global aplicable para $0,08 \leq \varphi \leq 0,35$, (11.4.4.1)
- torres de sección triangular equilátera según el método global aplicable para $0,08 \leq \varphi \leq 0,35$ (11.4.4.2.).
- torres de sección cuadrada o rectangular según el método por adición aplicable para $\varphi \leq 0,60$ (11.4.4.3).

11.4.4.1 Torres de sección cuadrada

La norma considera la acción de conjunto según la dirección del viento:

- incidencia perpendicular a una cara (11.4.4.1.1).
- incidencia según una diagonal (11.4.4.1.2).

11.4.4.1.1 Incidencia perpendicular a una cara

La acción de conjunto está dada por la expresión:

$$F = C_E \cdot q_{cm} \cdot A_e$$

donde:

- F acción de conjunto, en daN;
- C_E coeficiente global de empuje, según tabla 11.12, adimensional;
- q_{cm} valor medio de la presión dinámica de cálculo, en daN/m²;
- A_e área efectiva del reticulado o panel perpendicular a la dirección del viento, descontando huecos, en m².

TABLA 11.12

VALORES DEL COEFICIENTE GLOBAL DE EMPUJE C_E EN FUNCION DE LA RELACION DE SOLIDEZ φ , PARA TORRES FORMADAS POR BARRAS DE CONTORNO CIRCULAR E INCIDENCIA PERPENDICULAR A UNA CARA

φ	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
$C_E = 2,24 - 1,4 \varphi$	2,13	2,10	2,03	1,96	1,89	1,82	1,75

11.4.4.1.2 Incidencia según una diagonal.

El coeficiente global de empuje C_E a utilizar se establece en tabla 11.13.

Los valores dados en dicha tabla se obtienen de multiplicar los establecidos para el caso de incidencia perpendicular a una cara, por un coeficiente χ , que es función de la naturaleza de la estructura y que como complemento se menciona en tabla 11.8.

TABLA 11.13

VALORES DEL COEFICIENTE GLOBAL DE EMPUJE C_E , EN FUNCION DE LA RELACION DE SOLIDEZ φ , PARA TORRES FORMADAS POR BARRAS DE CONTORNO CIRCULAR MACIZAS O HUECAS E INCIDENCIA DEL VIENTO SEGUN LA DIRECCION DE LA DIAGONAL

φ	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
Barras simples							
Metálica	2,23	2,23	2,21	2,20	2,18	2,15	2,12
Hormigón y madera	2,56	2,52	2,44	2,36	2,27	2,18	2,10
Barras dobles (gemelas)							
Metálica y hormigón	2,56	2,52	2,44	2,36	2,27	2,18	2,10
Madera	2,77	2,73	2,64	2,55	2,46	2,37	2,28

11.4.4.1.3 Descomposición de la acción de conjunto

En los casos que sea necesario repartir la acción de conjunto según los diferentes planos de los reticulados, se multiplicará el valor de la acción del viento F por los valores de los coeficientes n ó t , que figuran en la tabla 11.9.14.

Obteniéndose:

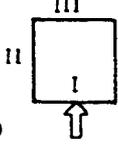
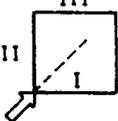
$$F_n = n \cdot C_E \cdot q_{cm} \cdot A_e$$

$$F_t = t \cdot C_E \cdot q_{cm} \cdot A_e$$

donde:

- F_n componente de la acción del viento perpendicular a la cara considerada, en daN;
- F_t componente de la acción del viento paralela a la cara considerada, en daN;
- n coeficiente para obtener la componente F_n ;
- t coeficiente para obtener la componente F_t ;
- C_E coeficiente global de empuje, adimensional;
- q_{cm} valor medio de la presión dinámica de cálculo, en daN/m²;
- A_e área efectiva de la cara de la torre, descontando huecos, en m².

TABLA 11.14

Cara considerada		Barras de sección circular				
		Coef.	I	II	III	IV
INCIDENCIA PERPENDICULAR A UNA CARA 	n	0,50	0,0	0,50	0,0	
	t	0,0	0,0	0,0	0,0	
INCIDENCIA SEGUN UNA DIAGONAL 	n	0,18	0,18	0,18	0,18	
	t	0,18	0,18	0,18	0,18	
n = Coeficiente para obtener la componente F_n . t = Coeficiente para obtener la componente F_t .						

11.4.4.2 Torres de sección triangular equilátera

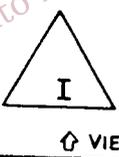
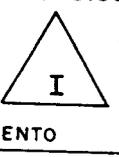
11.4.4.2.1 La norma considera la acción de conjunto según la dirección del viento:

- incidencia perpendicular a una cara.
- incidencia según una bisectriz.
- incidencia paralela a una cara.

Los valores del coeficiente global de empuje C_E están dados en la tabla 12.15 para distintos valores de la relación de solidez

TABLA 11.15

VALORES DEL COEFICIENTE GLOBAL DE EMPUJE C_E , EN FUNCION DE LA RELACION DE SOLIDEZ ψ , PARA TORRES FORMADAS POR BARRAS DE CONTORNO CIRCULAR MACIZAS O HUECAS

Incidencia	Coeficiente	Relación de solidez (ψ)							
		0.08	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	
Perpendicular a una cara 	$C_E = (2.24 - 2.8 \psi)$	2.02	1.96	1.82	1.68	1.54	1.40	1.40 (mínimo)	
Según la bisectriz 	$C_E = (1.82 - 1.4 \psi)$	1.71	1.68	1.61	1.54	1.47	1.40	1.33	
Paralela a una cara 	$C_X = (1.82 - 1.4 \psi)$	1.71	1.68	1.61	1.54	1.47	1.40	1.33	
	$C_Y = (+ 0.56)$	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	

11.4.4.2.2. Descomposición de la acción de conjunto

En los casos en que sea necesario repartir la acción de conjunto según los diferentes planos de los reticulados, se multiplicará el valor de la acción del viento F por los valores de los coeficientes n ó t , que figuran en la tabla 11.15 obteniéndose:

$$F_n = n \cdot C_E \cdot q_{cm} \cdot A_e$$

$$F_t = t \cdot C_E \cdot q_{cm} \cdot A_e$$

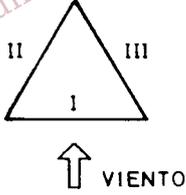
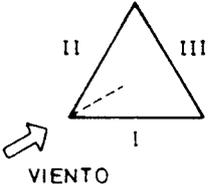
donde:

F_n componente de la acción del viento perpendicular a la cara considerada, en daN;

- F_t componente de la acción del viento paralela a la cara considerada, en daN;
- n coeficiente para obtener la componente F_n ;
- t coeficiente para obtener la componente F_t ;
- C_E coeficiente global de empuje, adimensional;
- q_{cm} valor medio de la presión dinámica de cálculo, en daN/m²;
- A_e área efectiva de la cara de la torre, descontando huecos, en m².

TABLA 11.16

VALORES DE LOS COEFICIENTES n y t , PARA LAS DISTINTAS CARAS DE LA TORRE. FORMADAS POR BARRAS DE CONTORNO CIRCULAR (MACIZAS O HUECAS)

Incidencia	Cara considerada			
	Coef.	I	II	III
PERPENDICULAR A UNA CARA 	n	0,50	0,13	0,13
	t	0,00	0,22	0,22
SEGUN LA BISECTRIZ 	n	0,13	0,13	0,50
	t	0,22	0,22	0,00
PARALELO A UNA CARA 	n	$0,93 - 0,61 \varphi$	0,00	$0,65 - 0,61 \varphi$
	t	$-0,22 + 0,35 \varphi$	0,00	$0,69 - 0,35 \varphi$
n = Coeficiente para obtener la componente F_n . t = Coeficiente para obtener la componente F_t .				

11.4.4.3 Torres de sección cuadrada o rectangular según el método por adición aplicable para $\varphi \leq 0,60$.

Para incidencia perpendicular en cada cara se determinan los esfuerzos aplicados sobre los dos planos de reticulado según 11.3.3. y se suman.

12. CONSTRUCCIONES DIVERSAS

Se tratan aquí todas aquellas construcciones a las cuales no se aplican, estrictamente, lo indicado en los capítulos anteriores.

12.1. Cubiertas de construcciones cuya base es un polígono regular o un círculo

La dirección del viento se supone paralela a la base de la cubierta, y perpendicular a una de sus caras, si ella es poligonal.

12.1.1. Casquetes esféricos

Siendo más fácil el cálculo del área de la superficie de la base del casquete que el área A de su superficie maestra se sustituye el coeficiente global de empuje C_E por el coeficiente C'_E , denominado coeficiente global de empuje referido a la superficie de la base, que tiene por valor:

$$C'_E = C_E \cdot \frac{A}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}$$

Las fuerzas de empuje y de levantamiento se determinan por las expresiones siguientes:

$$E = C'_E \cdot q_c \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$L = C'_L \cdot q_c \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Los valores de C'_E y de C'_L se obtienen de la tabla 12.1:

TABLA 12.1

TIPO DE CASQUETE	C'_E	f/d	C_L
APOYADO EN EL SUELO O SOBRE UN TECHO PLANO	$0.44 \frac{f}{d}$	$\frac{f}{d} \leq 0.05$	$-2.8 \frac{f}{d}$
		$0.05 < \frac{f}{d} < 0.25$	-0.14
		$0.25 \leq \frac{f}{d}$	$-2.8 \frac{f}{d} + 0.56$
APOYADO EN UN CILINDRO DE ALTURA (h-f) CON: $\frac{h-f}{d} \geq 0.5$	$3 \left(\frac{f}{d}\right)^2 - 0.9 \frac{f}{d}$	$\frac{f}{d} \leq 0.3$	-0.6
		$0.3 < \frac{f}{d}$	$0.9 - 5 \frac{f}{d}$
APOYADO EN UN CILINDRO DE ALTURA (h-f) CON: $0 < \frac{h-f}{d} < 0.5$	POR FALTA DE ENSAYOS SE APLICARAN LOS CAPITULOS 8 -9-10 Y11, SIEMPRE CON CRITERIOS PRUDENTES.		

donde:

- q_c presión dinámica en la parte superior de la construcción; en daN/m^2 ;
- d diámetro de la base del casquete; en m;
- f flecha del casquete; en m;
- h altura total de la construcción, incluido el casquete, en m.

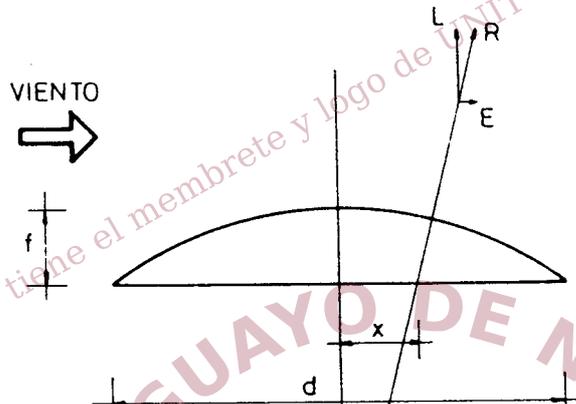


Fig. 12.1

La fuerza L está dirigida siempre hacia arriba (levantamiento); la fuerza E es positiva cuando está dirigida en el sentido del viento y negativa cuando está dirigida en sentido opuesto. (ver la fig. 12.1).

La recta de acción de la resultante de las fuerzas E y L está determinada por la abscisa x de su punto de Intersección con el plano de la base del casquete, y esta abscisa se determina en la fig. 12.2.

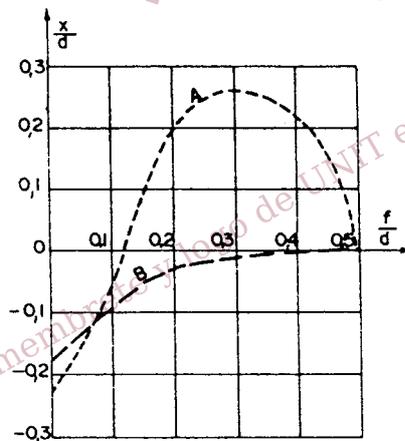


Fig. 12.2

12.1.2. Conos y pirámides

Lo indicado aquí vale para los conos de base circular o las pirámides de base cuadrada apoyados sobre el suelo o sobre un techo plano y donde la altura h cumple, respectivamente, una de las desigualdades siguientes:

$$1,5 d \leq h \leq 2,5d$$

$$1,5 a \leq h \leq 2,5a$$

donde:

d diámetro de base del cono, en m;

a lado de la base de la pirámide, en m.

Los coeficientes globales de empuje y de levantamiento están expresados por:

CONO: $C_E = 0,7$

$C_L = 0,3$

PIRAMIDE: $C_E = 1,2$

$C_L = 0,3$

Las fuerzas E y L serán:

$$E = C_E \cdot q_c \cdot A$$

$$L = C_L \cdot q_c \cdot A_B$$

donde:

E fuerza global de empuje, en daN;

L fuerza global de levantamiento, en daN;

q_c valor medio de la presión dinámica, en daN/m²;

A área de la superficie maestra, en m²;

A_B área de la base, en m².

12.2 Construcciones abovedadas, sin lucernarios, apoyadas directamente sobre el suelo.

Para las construcciones en forma de bóveda cuya relación flecha/luz está comprendida entre 0,25 y 1,00, se aplicarán las acciones exteriores siguientes:

12.2.1 Bóveda aislada

Viento perpendicular a las generatrices:

Las presiones determinadas por los coeficientes c_e indicados en 9.2.1 B (figura correspondiente a la categoría V para $\gamma = 1$).

Viento paralelo a las generatrices:

Una succión uniforme con $c_e = -0,5$ y una fuerza de empuje según 8.5 (bloque único con cubierta única y viento paralelo a las generatrices).

12.2.2 Bóvedas gemelas

Viento perpendicular a las generatrices:

Sobre la bóveda a barlovento, las acciones de la bóveda única, y sobre la bóveda a sotavento, una succión uniforme con $c_e = -0,5$.

Viento paralelo a las generatrices:

Una succión uniforme con $c_e = -0,5$, y una fuerza según 8.5.

12.3 Hilos y Cables

12.3.1 Generalidades

La acción del viento sobre hilos y cables depende del régimen de flujo del aire caracterizado por el producto de su velocidad v_c por el diámetro del elemento d y depende de su esbeltez l/d y de la rugosidad de su superficie exterior. Para hilos y cables no se tiene en cuenta el factor esbeltez, fijándose que las disposiciones siguientes rigen cuando l/d es mayor que 100, caso en el que el flujo es uniforme en toda su longitud.

12.3.2 Generatrices perpendiculares a la dirección del viento

12.3.2.1 La acción del viento por unidad de longitud de hilos y cables está dada por:

$$w = C_E \cdot q_c \cdot d$$

$$w = C_E \cdot d \cdot v_c^2 / 16,3$$

donde:

- w fuerza aplicada por unidad de longitud, en daN/m;
- C_E coeficiente de forma, adimensional;
- q_c presión dinámica de cálculo, en daN/m²;
- v_c velocidad de cálculo, en m/s;
- d diámetro de hilo o cable (circunferencia circunscripta), en m

12.3.2.2 En la Tabla 12.2 se dan los valores de C_E así como los de w para cada tipo de elemento (régimen de flujo y rugosidad), indicándose además con:

- g profundidad media de las irregularidades, en m;
- r' radio de los torones exteriores, en m;
- k rugosidad.

TABLA 12.2

	TIPO	RUGOSIDAD	REGIMEN DE FLUJO	C_E	W
HILOS	Liso	$g/d \leq 1/1000$	$(v_c \cdot d) \leq 6$	1.20	$0.075 d \cdot v_c^2$
			$6 \leq (v_c \cdot d) \leq 9.30$	—	$2.7/d$
			$(v_c \cdot d) \geq 9.30$	0.50	$0.031 d \cdot v_c^2$
	Rugoso	$g/d \leq 1/100$	$(v_c \cdot d) \leq 6$	1.20	$0.075 d \cdot v_c^2$
			$6 \leq (v_c \cdot d) \leq 7.85$	—	$2.7/d$
			$(v_c \cdot d) \geq 7.85$	0.70	$0.044 d \cdot v_c^2$
CABLES	Torones finos	$r'/d \leq 1/30$	$(v_c \cdot d) \leq 0.6$	1.20	$0.075 d \cdot v_c^2$
			$0.6 \leq (v_c \cdot d) \leq 0.69$	—	$0.027/d$
			$(v_c \cdot d) \geq 0.69$	0.90	$0.056 d \cdot v_c^2$
	Torones gruesos	$r'/d \geq 1/25$	$(v_c \cdot d) \leq 0.6$	1.30	$0.081 d \cdot v_c^2$
			$0.60 \leq (v_c \cdot d) \leq 0.65$	—	$0.029/d$
			$(v_c \cdot d) \geq 0.65$	1.10	$0.069 d \cdot v_c^2$

v_c : expresado en m/s. d : expresado en m.

12.3.2.3 La definición de los diversos tipos que figuran en la Tabla 12.2 es la siguiente:

- Hilo liso: Superficie con rugosidad uniformemente distribuída de altura menor que 1/1000 del diametro ($k \leq 1/1000$) (Son los asimilables a pulidas).
- Hilo rugoso: Superficie con una rugosidad $k \leq 1/100$. Se considera que cumplen esta exigencia las superficies galvanizadas o pintadas.
- Cables de torones finos: Cuando la rugosidad r'/d es menor o igual a 1/30. Se puede asimilar a esta clase aquellos hilos cuya rugosidad sea mayor que 1/100.
- Cables de torones gruesos: Cuando la rugosidad r'/d es mayor o igual a 1/25.

12.3.3 Generatrices inclinadas con respecto a la dirección del viento

En este caso (ver fig. 12.3, afectará el coeficiente de forma C_E o la carga por unidad de lon-

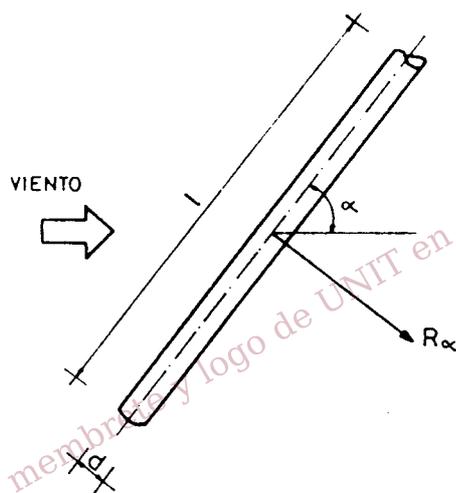


Fig. 12.3

gitud w multiplicándolos por el coeficiente que se indica en la Tabla 12.3, siendo α el ángulo que forma la dirección del viento con el eje longitudinal del hilo o cable expresado en grados.

TABLA 12.3

ANGULO	COEFICIENTE
$\alpha \leq 15^\circ$	0
$15^\circ \leq \alpha \leq 75^\circ$	$0.5 \frac{\alpha^\circ}{30} - 0.25$
$\alpha \geq 75^\circ$	1.00

12.4 Construcciones derivadas de la esfera.

Para los diferentes tipos de construcción, los valores del coeficiente global de empuje C_E se indican en la tabla 12.4.

Para casquetes esféricos huecos, en los cuales la flecha f es inferior al radio r , se puede interpolar linealmente entre los valores del disco circular y el de la semiesfera, en función de la relación $\frac{f}{r}$, siendo r el radio de la base del casquete.

12.5 Banderas

La acción F que una bandera de tela, de altura h y longitud l ejerce contra el mástil, está dada por:

TABLA 12.4

TIPO DE CONSTRUCCION.		COEFICIENTE GLOBAL DE EMPUJE C_E	
	 SEMIESFERA HUECA, CONCAVIDAD A BARLOVENTO.	1,4	
	 SEMIESFERA HUECA O LLENA, CONCAVIDAD A SOTAVENTO	0,4	
	 SEMIESFERA LLENA Y DISCO CIRCULAR	1,2	
	 ESFERA	$d\sqrt{q_c} \leq 0.5$	0.48
		$0.5 < d\sqrt{q_c} < 1.5$	$0.62 - 0.28 d\sqrt{q_c}$
		$1.5 \leq d\sqrt{q_c}$	0.20

d: expresado en m.
 q_c : expresado en daN/m^2

$$F = h (0,10 + 0,051) \cdot q_c$$

donde:

- F acción del viento, en daN;
- h altura, en m;
- l longitud, en m;
- q_c presión dinámica de cálculo, en daN/m^2 .

La distribución de esta fuerza depende del modo de sujeción de la bandera a su mástil.

13 — ANEXOS Y NOTAS

13.1 **Solicitud dinámica**

Las normas que analizan con detención el problema de las solicitudes dinámicas y que tienen un tratamiento general de la acción del viento análogo al de la presente norma son:

- a) Norma IRAM — 11700 (1979) (Parte II);
- b) Norma CIRSOC 102 (Proyecto 1980), capítulo XIII;
- c) Norma NV — 65/78: III - R 1.5 y II - C 1.5, Anexos 4 y 8.

13.2 **Excepciones**

Es el caso de cubiertas ubicadas en las faldas de ondulaciones pronunciadas y de gran extensión, susceptibles de efectos de levantamiento.

13.3 **Interferencias**

La determinación de esas modificaciones a la dirección y velocidad del viento por interferencia entre diversas construcciones vecinas es un problema sumamente complejo que únicamente puede ser definido correctamente en cada caso particular, mediante ensayos sobre modelos en túnel de viento.

Por otra parte no debe perderse de vista la gran inseguridad que existe generalmente sobre la permanencia de la situación del conjunto de construcciones a lo largo del tiempo.

Como ejemplo de aplicación normativa de estos casos puede consultarse la Norma NV 65/78, en su párrafo R 1243.

13.4 **Estudio estadístico de (V)**

13.4.1 **La fijación de las velocidades que deben utilizarse en el cálculo de las presiones dinámicas se hace sobre la base del análisis estadístico de las velocidades registradas en las condiciones indicadas en 6.2.2 para determinar la probabilidad de ocurrencia de una magnitud dada.**

Para hacer dicho análisis se ha adoptado una distribución de velocidades máximas de acuerdo con el modelo de “valores extremos” según la ecuación de Fisher - Tippett II o Fréchet como lo hacen, entre otras, las normas IRAM y NB. De acuerdo con ella se tiene:

$$P (v \leq v_a) = \exp. [- (\beta / v_a)^m] \quad (4 . a)$$

donde (P) es la probabilidad de que el valor máximo registrado en uno cualquiera de los períodos (años), que se han tomado como base para caracterizar los valores individuales, no sea mayor que un cierto valor (v_a).

13.4.2 **El “factor de forma” (m) y la “velocidad de referencia” (β), son dos constantes que definen**

el régimen de vientos de cada lugar. El coeficiente (m) depende fundamentalmente de las características meteorológicas generales de la región y puede tomarse constante para una amplia zona y (β) depende especialmente de aspectos locales de la circulación atmosférica.

De acuerdo con el estudio efectuado por la Dirección Nacional de Meteorología sobre la base de observaciones realizadas durante el período 1906-1970 en la estación anemométrica ubicada en el Antepuerto de Montevideo y teniendo en cuenta además los resultados obtenidos en función de períodos más breves en las estaciones meteorológicas de Colonia, Melo, Carrasco y Punta del Este, se puede deducir que es posible adoptar como constante para el Uruguay un valor $m = 6,70$ y una distribución de velocidades de referencia (β) que se reproduce en la figura 13.1.

Dada la extensión territorial reducida y su homogeneidad topográfica general se adoptó, con espíritu de facilitar la aplicación de esta Norma, una distribución simplificada de velocidades, fijándose la velocidad de referencia de las zonas a) y b) del párrafo 6.2.2.2 en $\beta = 101,4$ y $\beta = 86,6$ km/h respectivamente, para las condiciones básicas del artículo 6.2.2.

- 13.4.3 La velocidad característica (v_k) definida en 6.2.2 se deduce de la velocidad de referencia β establecida para la zona en consideración haciendo $v_a = v_k$ en la ecuación (4 a) y transformando a:

$$v_k = \beta [- \ln 0,95]^{-1/m} \quad (4 b)$$

El período medio de retorno o de recurrencia (R) es el número promedio de años que se puede esperar que transcurran hasta que aparezca el primer valor de la velocidad que exceda una velocidad dada (v) y está dado por:

$$R = \frac{1}{P_1} = \frac{1}{1 - P} \quad (4 c)$$

siendo P_1 la probabilidad de que sea excedida esa velocidad. En el caso de que $P_1 = 0,05$ correspondiente al v_k que se ha tomado en esta norma, se obtiene $R = 20$ años que se indica en 6.2.2.1.

13.5 Variación con la altura

- 13.5.1 Esta variación se produce desde el nivel del suelo, donde la velocidad es nula, hasta la "altura gradiente" (z_g) donde la velocidad, designada como "velocidad gradiente", es independiente de la rugosidad del suelo, rigiéndose exclusivamente por las condiciones atmosféricas generales. La altura gradiente depende, por lo contrario, de esos factores.

Entre estas dos alturas, $z_0 = 0$ y z_g , existe una variación continua y monótona en función de (z), cuya forma y constantes dependen de la rugosidad y del intervalo (o duración) de racha.

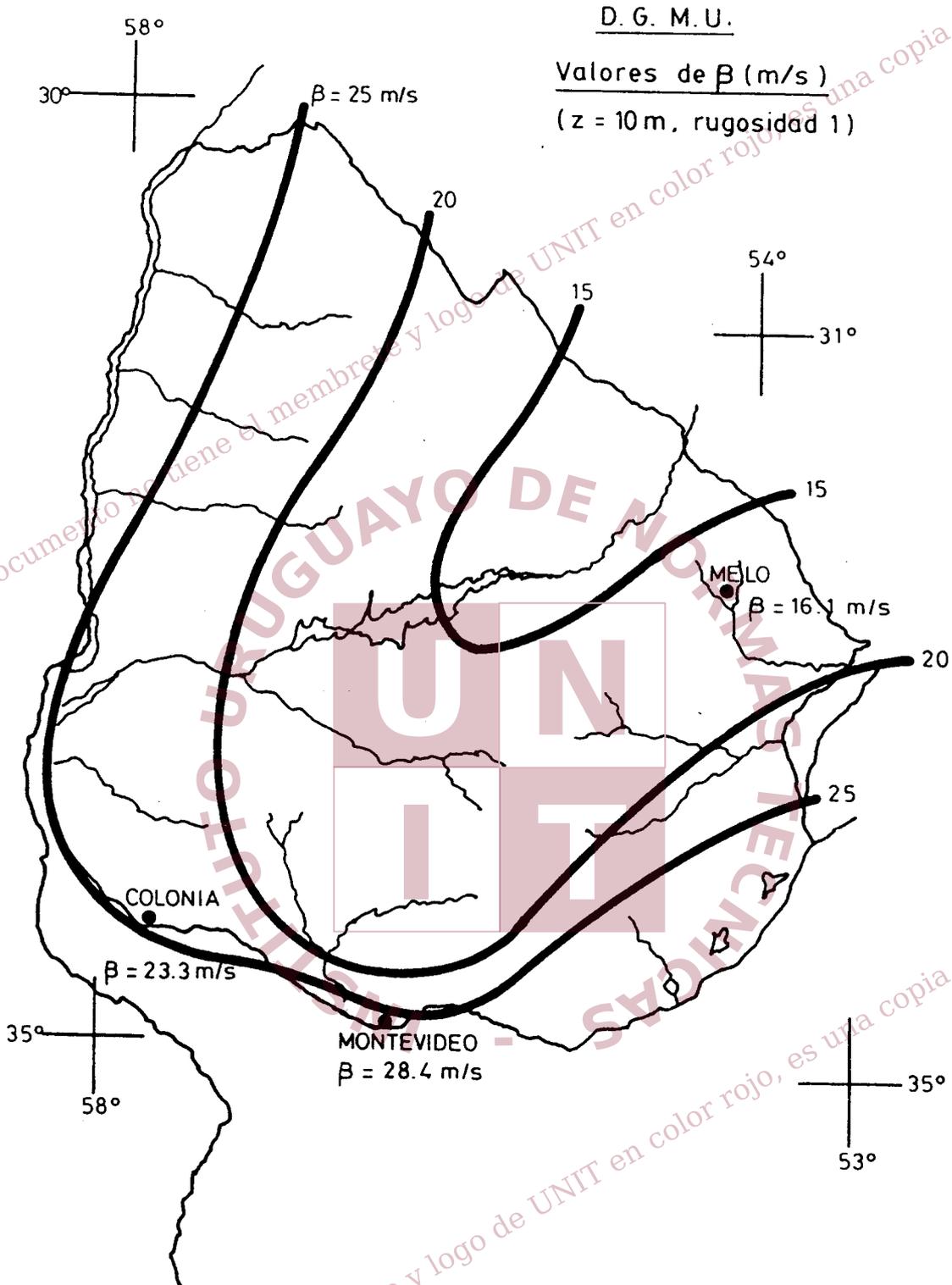


Figura 13.1

13.5.2 Las experiencias realizadas indican que esa variación puede ser representada adecuadamente por leyes de tipo exponencial. Para esta norma se ha tomado la ley exponencial simple:

$$K_z = v_z / v_{10} = C_r (z/10)^\theta$$

donde:

v_{10} y v_z velocidades a 10 metros y a (z) metros de altura respectivamente, en m/s;

z altura, en m ;

C_r y Θ parámetros que dependen de la rugosidad del terreno y del intervalo de racha, adimensional :

Dado que en nuestro país no se han realizado observaciones para determinar estos parámetros, se han analizado los trabajos publicados y los valores usados por otras normas, eligiéndose los valores siguientes.

TABLA 13.1

RUGOSIDAD	I	II	III	IV
C_r	1,00	0,90	0,75	0,60
Θ	0,10	0,13	0,17	0,22
Z_g (m)	250	280	350	450

Con estos valores se han calculado los coeficientes K_z de la Tabla 6.2.

13.6 Factor K_d

La determinación del coeficiente (K_d) es un problema sumamente complejo que todavía no ha podido ser objeto de un discreto acuerdo en cuanto a las leyes que la rigen, salvo sobre el número de factores fundamentales que lo afectan: dimensiones (horizontal y vertical), área, altura, rugosidad y velocidad de racha.

En consecuencia es muy diferente la forma en que las diversas normas encaran el problema, tanto en lo que se refiere a cuales son los factores adicionales que es indispensable considerar (altura, rugosidad y velocidad de racha) como en la forma de tomar en cuenta la superficie (dimensiones o área).

El cálculo simplificado que se propone en la figura 6.2 (ver 6.2.6.2) se ha establecido siguiendo las siguientes consideraciones:

a) el efecto de las dimensiones de la superficie de influencia puede llegar a tener importancia económica apreciable en el proyecto de la estructura general de edificios tipo torre, grandes galpones o hangares, etc. y por lo tanto no parece conveniente dejar sin considerar el problema.

b) por otro lado la experiencia indica la repartición instantánea muy desigual de las

rachas máximas en áreas pequeñas que no pueden dejarse de lado por sus consecuencias (rotura de vidrieras, paneles de recubrimiento, etc.).

c) las diferencias de criterio sobre las leyes que rigen esta distribución no alcanzan a afectar seriamente los valores extremos y por lo tanto puede justificarse la proposición de una ley simple de andamiento igual a la tendencia general y con sus valores extremos que queden del lado conservador.

13.7 Fijación de K_k

13.7.1 Los valores (K_k) correspondientes a un determinado valor de "P" definidos en 6.2.7, se obtienen de la ecuación (4 a) la cual, con oportunas transformaciones, se puede escribir:

$$K_k = v_a / v_k = \left[\frac{\ln P_k}{\ln P_a} \right]^{(1/m)} \quad (7 a)$$

donde:

$$P = P(v \leq v_a) \quad (\text{Ver nota 13.4})$$

Los valores de "P" fijados por las normas modernas de este tipo (NB, IRAM, etc.) para cada uno de los grupos de 6.2.7.4 que figuran en la Tabla 6.3 son bastante uniformes y se han tomado como base para fijar los de esta norma, aunque se han modificado ligeramente en algunos casos para tener en cuenta la subdivisión realizada en el grupo E y para mantener un coeficiente de seguridad adecuado (ver párrafos 13.7.2 y 13.10).

13.7.2 La forma en que se trata ese aspecto en dichas normas indica claramente su origen en el criterio probabilista de los "estados límites" para el cálculo estructural, por cuya razón es lógico relacionar el tratamiento de (K_k) con dicho criterio en su forma semiprobabilista generalmente vigente por ahora.

Sin embargo como es necesario que la norma de viento se aplique con carácter general (métodos de cálculo y materiales) se hizo necesario estructurarla teniendo en cuenta este punto de vista y ampliar su dominio.

13.7.3 También debe mencionarse que los fractiles aceptados para los diversos grupos de construcciones surgen de las bases de las normas estructurales semi-probabilistas especialmente redactadas para estructuras de hormigón armado o pretensado como la CEB - FIP y derivadas de ella.

Se ha estimado, sin embargo, que estos valores tienen validez general puesto que las partes del coeficiente de mayoración global (γ_t) que son integrados por los factores (K_k) son independientes del material, exactitud de cálculo y ejecución, etc., aspectos incluidos en los otros factores que integran (γ_t) (ver nota 13.10).

13.7.4 Finalmente debe destacarse que tanto (K_k) como otros coeficientes derivados de las probabilidades (P) dependen del valor que se adopte para el factor de forma (m) como surge de la ecuación (7a), aunque son poco afectados por las variaciones posibles dentro del país.

13.8 Aclaración al grupo D

Se entiende por tales aquellas construcciones cuyo colapso no altera su normal funcionamiento (parcial o totalmente) y no significa pérdidas económicas de cierta importancia. No se aplica, por lo tanto, a los ventanales o cerramientos principales, especialmente de edificios torre, etc.

13.9 Vida útil y probabilidad

13.9.1 Es importante notar que el período de recurrencia (R) no es el número de años que pasarán entre dos de los valores extremos sino que, en realidad, la probabilidad de producción del valor crítico en cualquier año permanece con el valor P , independiente de la producción de ese valor extremo en el año previo o uno reciente.

Para responder al problema planteado en los párrafos 6.2.7.5 a 6.2.7.7 se recurre a la distribución "Binomial" que se expresa por la ecuación:

$$p(n) = 1 - p_1(n) = P^n \quad (9 a)$$

$$P = [1 - p_1(n)]^{1/n} = [p(n)]^{1/n} \quad (9 b)$$

con

$$p(n) = p(v \leq v_a) \text{ en } (n) \text{ años}$$

$$p_1(n) = p_1(v > v_a) \text{ por lo menos una vez en } (n) \text{ años.}$$

Sustituyendo el valor de P calculado en función de un determinado par de valores de "n" y "p(n)" en la ecuación (7a) se obtiene el valor de K_k correspondiente.

13.9.2 En la Tabla 6.4 se ha dado una serie de valores a "n" y a "p" comprendidos dentro del campo corriente, para lo cual se ha tomado en cuenta que es criterio general admitir los siguientes valores de la "vida útil" "n":

- construcciones temporarias: 2 a 5 años;
- edificios para viviendas y de oficinas (Normal): 50 años;
- construcciones excepcionales (o monumentales): 100 a 200 años;

aunque para las construcciones monumentales se llega aún a los 500 o 1000 años.

Se puede observar que para la vida útil "normal" ($n = 50$) y una probabilidad $P = 0,98$ usada para el grupo medio o básico de las construcciones (ver Tabla 6.4) la probabilidad de excederse la velocidad v_0 en cualquier año es $p(n) = 0,642$.

13.10 Combinación de cargas y nivel de construcción.

13.10.1 Los valores de (v_c) obtenidos con la ecuación (2) de 6.2.1.2 y, por lo tanto, las presiones dinámicas " q_c " y acciones " F_c ", etc., a que se hace referencia en 6.3.1 tienen en cuenta la parte γ_3 del coeficiente de mayoración total γ_t de las acciones o sollicitaciones del cálculo semiprobabilista.

La parte γ_3 cuyo valor, según surge de la ecuación (1) de 6.1.2.1 es

$$\gamma_3 = (K_k)^2$$

corresponde a las indeterminaciones y errores en la estimación de la velocidad " v_k ", y por lo tanto de todas las velocidades derivadas de ella y al problema de seguridad propiamente dicho reflejado por los diferentes cuantiles P.

13.10.2 Los coeficientes " γ_1 " y " γ_2 " son independientes de la determinación de las cargas en sí mismas y tienen en cuenta dos conjuntos de factores que dependen más bien del tipo de construcción y del grupo de cargas que solicitan sus diversas partes.

" γ_1 " se refiere a la posible, pero excepcional circunstancia, de simultaneidad de los máximos de las diversas fuerzas que se ejercen sobre la totalidad o parte de la estructura y " γ_2 " a las imprecisiones y errores en los cálculos y sus hipótesis por una parte y en la ejecución de la obra por otra.

13.10.3 Para el estado límite último en lo que se refiere al coeficiente " γ_1 ", es de uso general no afectar la parte de sollicitación correspondiente a la carga permanente "G" y disminuir las otras en forma creciente al disminuir su importancia relativa.

De acuerdo con ello se podría utilizar, si las normas estructurales no establecen otra cosa, el siguiente criterio, en el cual se designa con "m" el número de sobrecargas o sollicitaciones:

- a) $\gamma_1 = 1,0$ para carga permanente (G) y sobrecarga (S) si $m = 1$;
- b) $\gamma_1 = 0,90$ para la sobrecarga principal si $m > 1$;
- c) $\gamma_1 = 0,80$ para la sobrecarga de siguiente importancia ($m \geq 2$);
- d) $\gamma_1 = 0,70$ para las otras sobrecargas ($m \geq 3$)

pero deberá cumplirse que:

$$S = 1,0 G + [0,9 S_1 + 0,8 S_2 + 0,7 (S_3 + \dots)] \geq G + S_1$$

- 13.10.4 En lo que se refiere a la magnitud del coeficiente " γ_2 " la dispersión de criterios entre las diversas normas es bastante más acentuada aparte de que, generalmente, no se dá su valor aislado sino en conjunto con los demás componentes del coeficiente global " γ_t " por lo cual no ha sido posible disponer de los fundamentos que han guiado en la elección de su valor.

Tomando como base los valores globales de la norma Española que se fijan para la combinación de tres "niveles" de ejecución y proyecto (parte γ_2) y tres grados de seguridad, se ha creído conveniente establecer los valores del cuadro siguiente:

TABLA 13.2

	N I V E L		
	SUPERIOR	MEDIO	INFERIOR
γ_2	1,13	1,20	1,36

Estos valores, que son los que han guiado en el análisis y corrección de los porcentajes $P(v \geq v_s)$ y sus respectivos coeficientes de mayoración, son los que pueden usarse en la ausencia de disposiciones concretas de las normas estructurales para el cálculo de estado límite último.

- 13.10.5 Para el estado límite de servicio es prácticamente unánime el criterio de suponer:

$$\gamma_1 = \gamma_2 = 1,0$$

en forma coherente con el cálculo por el método de las tensiones admisibles.

- 13.11 Aplicación de la norma DIN 1045. (Ediciones 1972 - 1978)

- 13.11.1 El procedimiento seguido en esta Norma a los efectos de cuantificar los valores correspondientes al criterio de seguridad según el método de los estados límites, ha sido, como queda establecido en estas NOTAS, el de los coeficientes parciales, que afectan a las acciones características (coeficientes de mayoración) y a las resistencias características de los materiales (coeficientes de minoración). Este método es tradicional en las normas del CEB y en las diversas Instrucciones Españolas.

- 13.11.2 Una variante se presenta para el caso en que se aplique el criterio de seguridad de la Norma Alemana (DIN 1045) vigente actualmente, que opera con valores característicos de las resistencias de los materiales componentes del hormigón armado (hormigón y acero), y afecta los valores de las acciones con coeficientes de seguridad γ variable del 1,75 a 2,1 de acuerdo a los tipos de sollicitación y modos de falla de la sección.

- 13.11.3 Para esta situación, a los efectos de la determinación de la velocidad de cálculo v_c , según 6.2.1.2, debe operarse con $K_k = 1$, que corresponde a un valor de $P = 0,95$ (ver tabla (6.3). Determinados los valores de q_c y p_c (según 6.1.2.1 y 6.1.2.2), se afectarán

éstos por el coeficiente de seguridad γ que corresponda.

- 13.11.4 Es de aclarar que este criterio que adopta la norma alemana no considera la variación de los coeficientes de seguridad en función del tipo de construcción como lo hace la norma UNIT 50 - 84 en el Art. 6.2.7.4. Acorde con el criterio aplicado en esta norma, se aconseja multiplicar los valores de las solicitaciones, determinadas según 13.11.3 por los siguientes coeficientes:

GRUPO	COEFICIENTE
A	1,23
B	1,00
C	0,88
D	0,66
E ₁	0,72
E ₂	0,49

13.12 Método de las tensiones admisibles

Esta disposición es coherente con la hipótesis inversa que utilizan las normas semiprobabilistas CEB - FIP y derivadas, puesto que en ellas se indica que cuando no existan datos estadísticos suficientes para determinar la carga que tiene un fractil $P_1 = 0,05$ (valor característico), que se establece para el estado límite de servicio, se tomará las cargas reglamentarias.

Con los datos de nuestro país que sirvieron de base a esta norma se obtienen, aplicando este criterio, velocidades características muy semejantes a la establecida por la UNIT 50 - 48 para condiciones normales.

13.13 Ejemplos diversos para la determinación de las acciones del viento sobre las construcciones.

- 13.13.1 Se han elegido tres ejemplos para la determinación de las acciones interiores unitarias en construcciones con una o varias paredes parcialmente abiertas. En los ejemplos expuestos se ha supuesto el coeficiente $\gamma = 1$, cualquiera sea la dirección del viento.

EJEMPLO 1.- La pared opuesta a la pared parcialmente abierta de permeabilidad $\mu = 15$, tiene una permeabilidad $\mu = 5$.

DIRECCION DEL VIENTO	INTERPOLACION	ACCIONES INTERIORES C_i
PARED PARCIALMENTE ABIERTA A BARLOVENTO.		<p>Pared AB $C_i = -0,30$</p> <p>Paredes BC, CD y AD $C_i = +0,30 + 0,50 \frac{15 - 5}{35 - 5}$ $= +0,47$</p>
PARED PARCIALMENTE ABIERTA A SOTAVENTO Y PERPENDICULAR AL VIENTO.		<p>Paredes BC, CD y AD $C_i = -0,30 - 0,20 \frac{10}{30}$ $= -0,37$</p> <p>Pared AB $C_i = +0,30$</p>
PARED PARCIALMENTE ABIERTA PARALELA AL VIENTO.		<p>Paredes BC, CD y AD $C_i = -0,30 - 0,20 \frac{10}{30}$ $= -0,37$</p> <p>Pared AB $C_i = +0,30$</p>

EJEMPLO 2.- La pared opuesta a la pared parcialmente abierta de permeabilidad $\mu = 15$, tiene una permeabilidad $\mu \geq 35$ y permite el pasaje del flujo de aire.

DIRECCION DEL VIENTO	INTERPOLACION	ACCIONES INTERIORES c_i
PARED PARCIALMENTE ABIERTA A BARLOVENTO.		<p>Paredes AB, BC y AD</p> $c_i = -0,30 - 0,20 \frac{35 - 15}{35 + 5} = -0,43$ <p>Pared CD</p> $c_i = + 0,30$
PARED PARCIALMENTE ABIERTA A SOTAVENTO Y PERPENDICULAR AL VIENTO.		<p>Pared CD</p> $c_i = - 0,30$ <p>Paredes AB, BC y AD</p> $c_i = + 0,30 + 0,50 \frac{20}{30} = + 0,63$
PARED PARCIALMENTE ABIERTA PARALELA AL VIENTO.		<p>Paredes AB, BC y AD</p> $c_i = - 0,50$ <p>Pared CD</p> $c_i = + 0,30$

EJEMPLO 3.- La pared opuesta a la pared parcialmente abierta de permeabilidad $\mu = 15$, es parcialmente abierta y de permeabilidad $\mu = 25$.

DIRECCION DEL VIENTO	INTERPOLACION	ACCIONES INTERIORES C_i
<p>PARED DE PERMEABILIDAD $\mu = 15$ A BARLOVENTO</p>		<p>Pared AB $C_i = -0,30 - 0,13 \frac{25 - 5}{35 - 5}$ $= -0,39$</p> <p>Pared CD $C_i = +0,30 + 0,17 \frac{35 - 25}{30}$ $= +0,36$</p> <p>Paredes BC y AD $C_i = +0,47 - 0,90 \frac{25 - 5}{30}$ $= -0,13 \rightarrow -0,30$</p>
<p>PARED DE PERMEABILIDAD $\mu = 25$ A BARLOVENTO</p>		<p>Pared CD $C_i = -0,30 - 0,07 \frac{10}{30}$ $= -0,32$</p> <p>Pared AB $C_i = +0,30 + 0,33 \frac{20}{30}$ $= +0,52$</p> <p>Paredes BC y AD $C_i = -0,37 + 1,00 \frac{20}{30}$ $= +0,30$</p>
<p>PAREDES PARCIALMENTE ABIERTAS PARALELAS AL VIENTO</p>		<p>Paredes BC y AD $C_i = -0,37 - 0,13 \frac{20}{30}$ $= -0,46$</p> <p>Pared AB $C_i = +0,30 - 0,80 \frac{20}{30}$ $= -0,23 \rightarrow -0,30$</p> <p>Pared CD $C_i = -0,37 + 0,67 \frac{20}{30}$ $= +0,07 \rightarrow +0,30$</p>

13.13.2 Ejemplo de la determinación de las acciones exteriores, interiores y resultantes unitarias para una construcción cerrada

EJEMPLO 4.- Construcción cerrada descansando sobre el suelo, relación de dimensiones inferior a 2,5. Techo múltiple con vertientes planas asimétricas.

$$a = \frac{8}{3} b$$

$$\lambda a = 0,19 < 0,5$$

$$h = 0,5 b$$

$$\lambda b = 0,5 < 1$$

$$\alpha_1 = 60^\circ$$

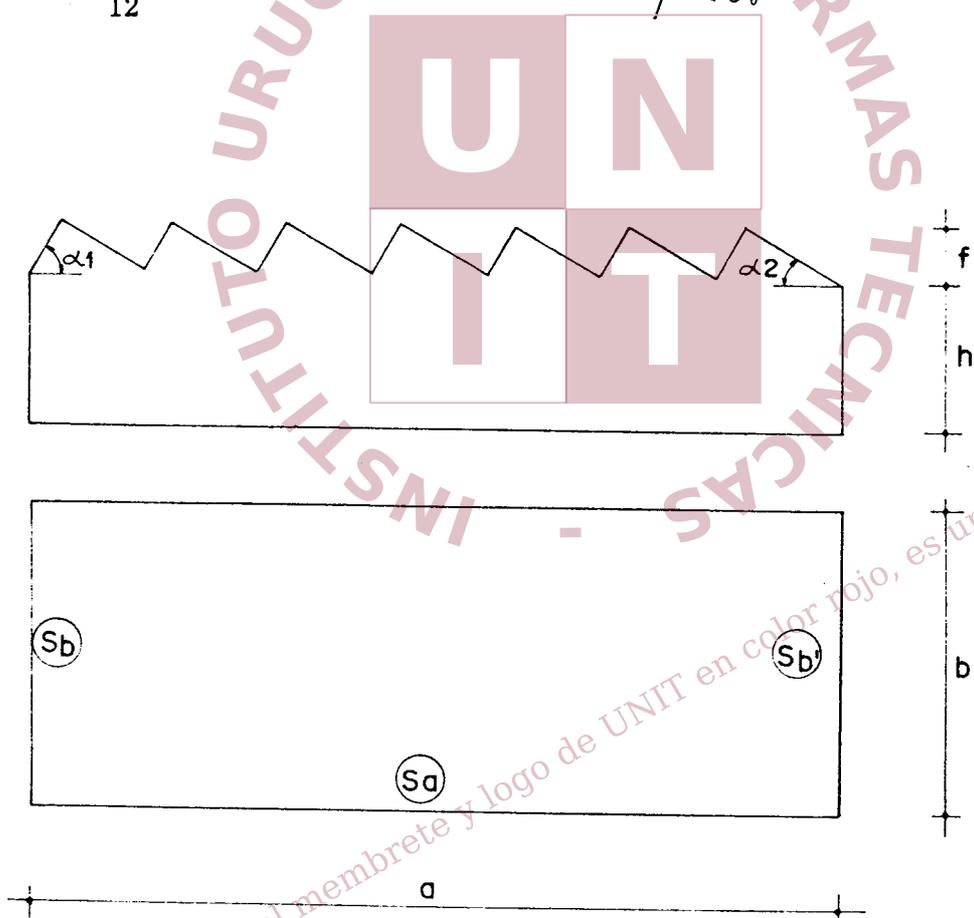
$$\frac{b}{a} = 0,375$$

$$\alpha_2 = 30^\circ$$

$$\frac{f}{h} = 0,29 < 0,5$$

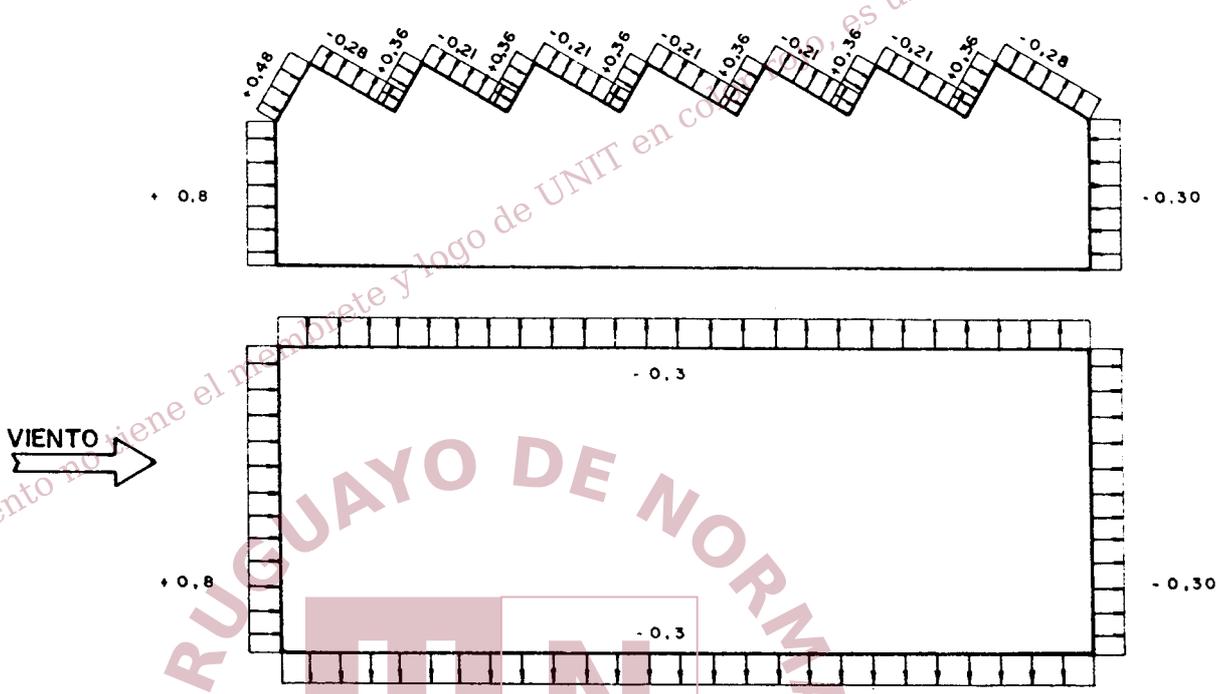
$$f = \frac{b \sqrt{3}}{12}$$

$$\mu \leq 5\%$$



ACCION DEL VIENTO PERPENDICULAR AL LADO MENOR S_b

ACCION EXTERIOR



a) Sobre paredes:

De Fig. 8.2: $\gamma_0 = 0,85$

De tabla 8.1: $c_e = + 0,8$ a barlovento

$c_e = -(1,3\gamma_0 - 0,8) = -0,30$ a sotavento.

b) Sobre cubierta:

De Fig. 8.7: $\frac{f}{h} = 0,29 < 0,5$

$\alpha_1 = 60^\circ$

$c_e = 0,48$ a barlovento

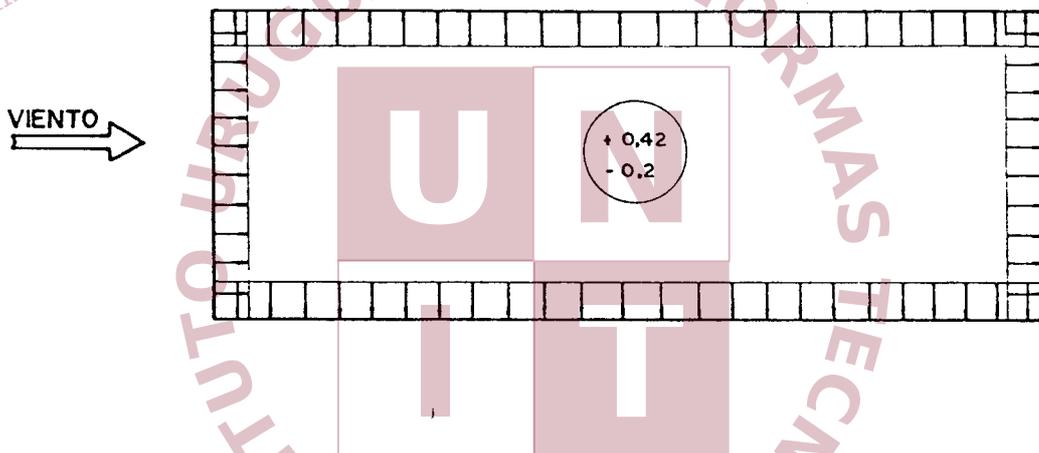
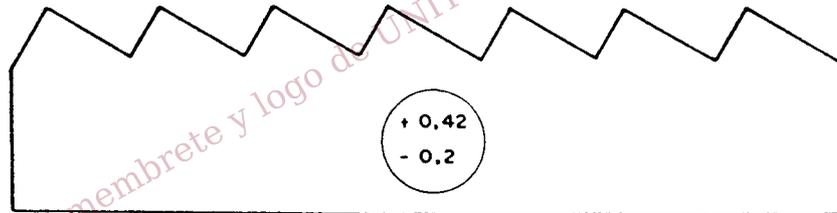
$c_e = -0,28$ a sotavento

zona protegida:

$c_e = 0,48 \times 0,75 = 0,36$ a barlovento

$c_e = -0,3 \times 0,75 = -0,23$ a sotavento

ACCION INTERIOR

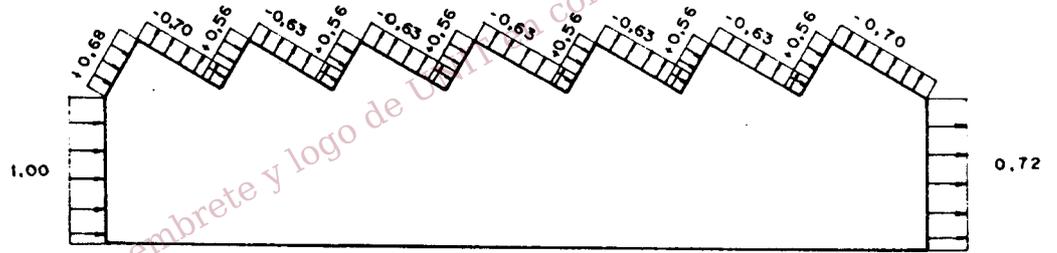


a) Sobre paredes:

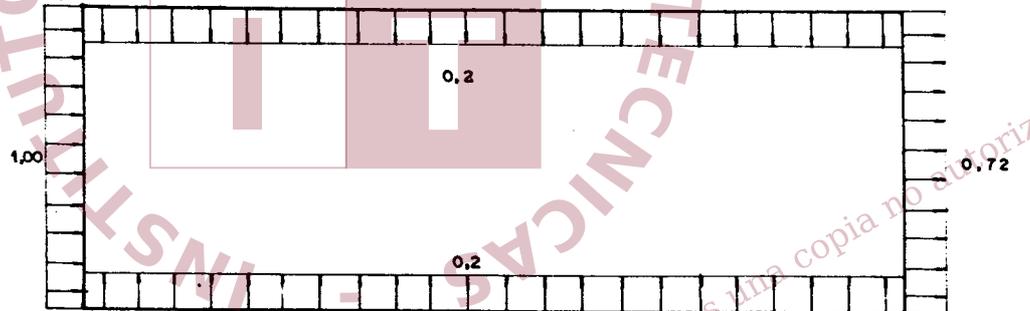
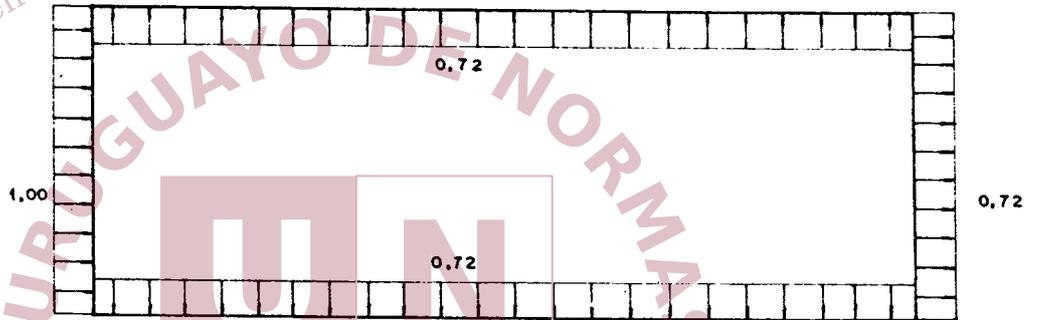
De tabla 8.2: $c_i = +0,6 (1,8 - 1,3\gamma_o) \Leftarrow +0,42$

$c_i = -0,6 (1,3\gamma_o - 0,8) = -0,18$ se adopta $c_i = -0,2$

ACCION TOTAL



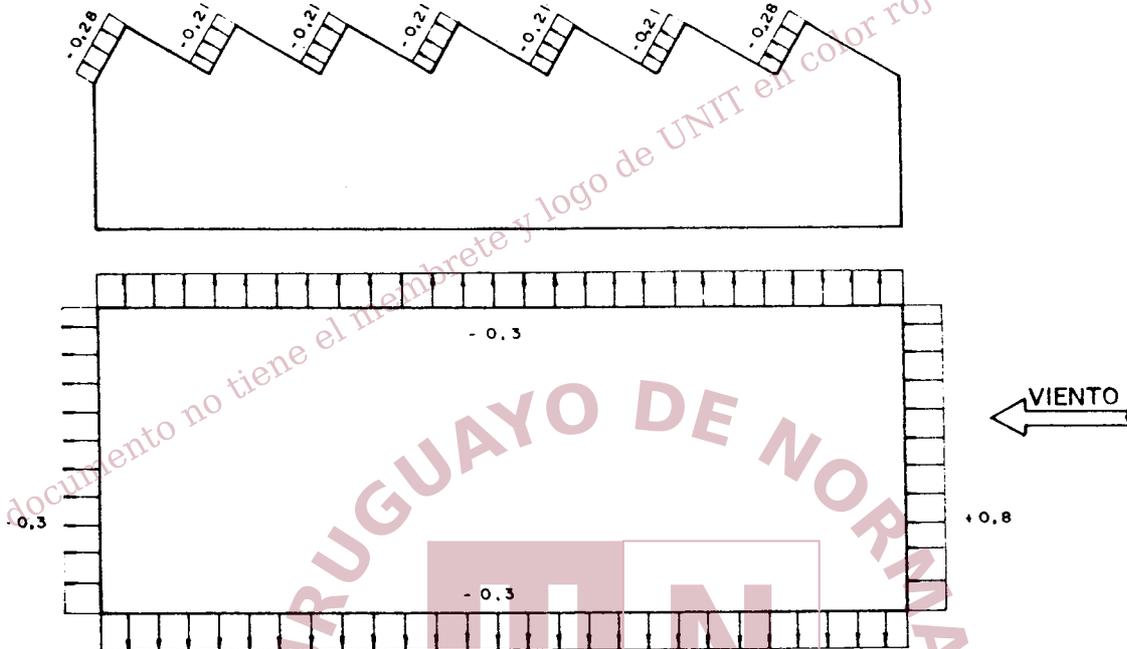
VIENTO →



Los coeficientes de presión total resultan de la combinación más desfavorable de los coeficientes de presión interior y exterior.

ACCION DEL VIENTO PERPENDICULAR AL LADO MENOR S_b'

ACCION EXTERIOR



a) Sobre paredes:

De Fig. 8.2 : $\gamma_o = 0,85$

De tabla 8.1 : $c_e = + 0,8$ a barlovento

$c_e = + 0,3$ a sotavento

b) Sobre cubierta:

De Fig. 8.7 : $\frac{f}{h} = 0,29 < 0,5$

$\alpha_2 = 30^\circ$

$c_e = 0$ a barlovento

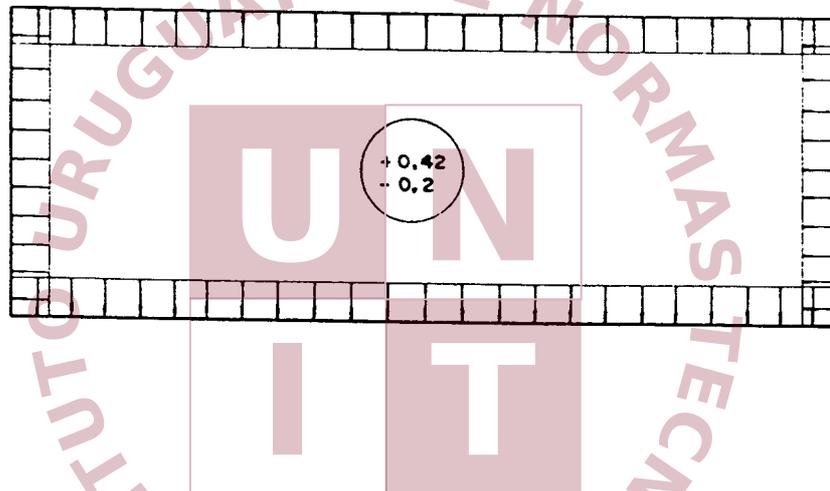
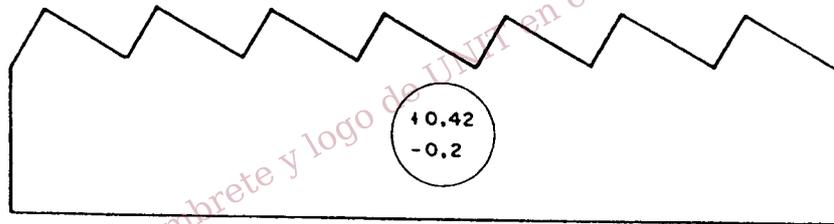
$c_e = 0,28$ a sotavento

zona protegida :

$c_e = 0$ a barlovento

$c_e = -0,21$ a sotavento

ACCION INTERIOR



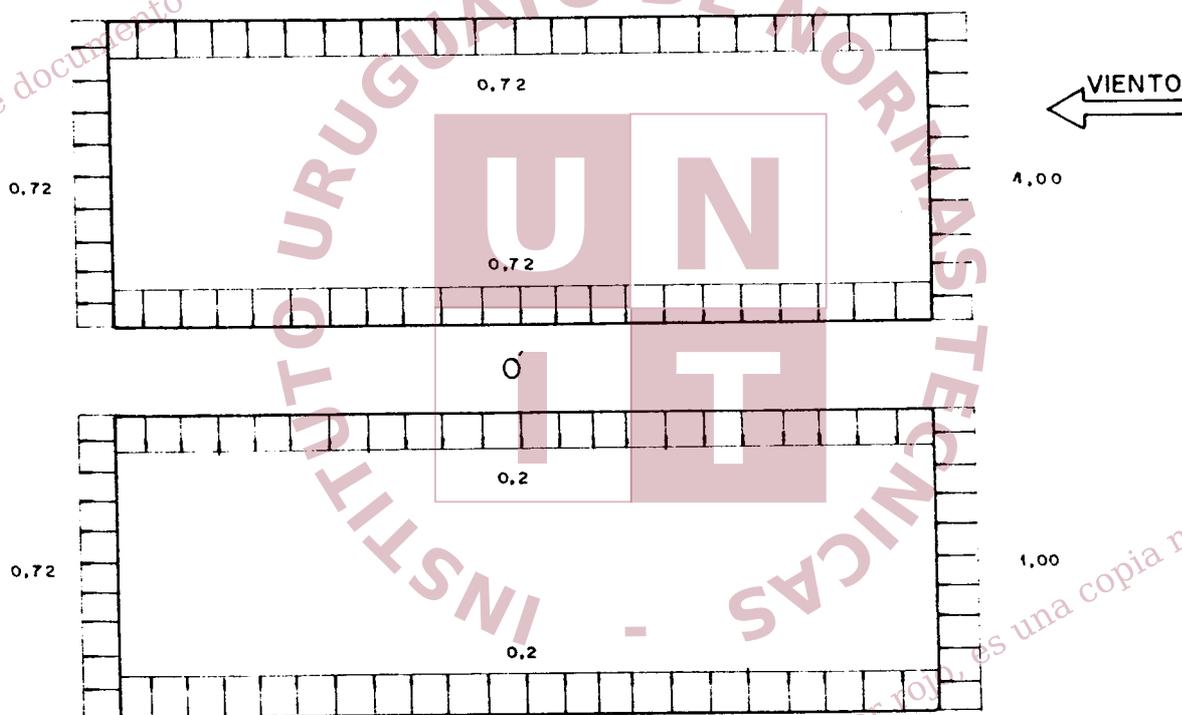
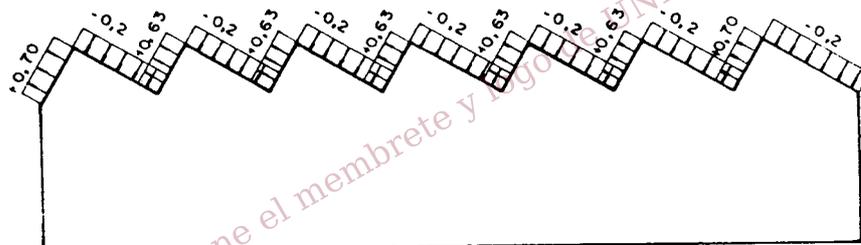
a) Sobre paredes: -

$$\text{De tabla 8.2 : } c_i = + 0,6 (1,8 - 1,3 \gamma_0) = + 0,42$$

$$c_i = -0,6 (1,3 \gamma_0 - 0,8) = -0,18$$

se adopta $c_i = -0,2$.

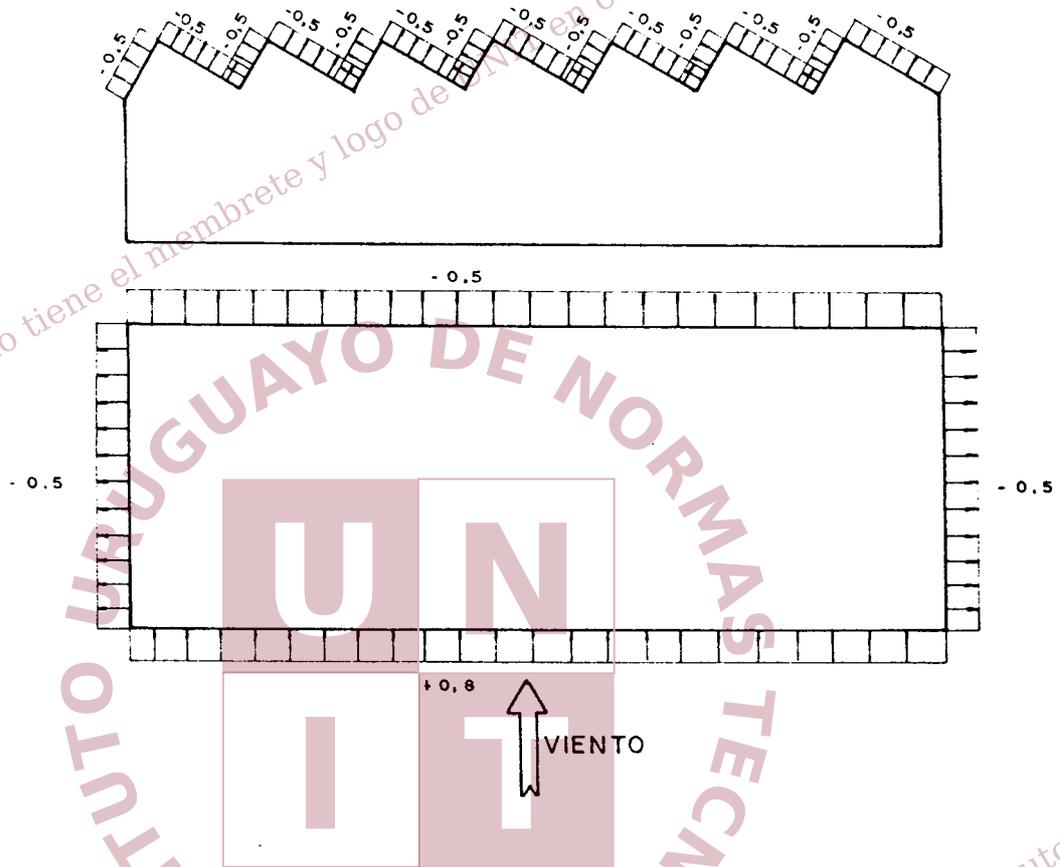
ACCION TOTAL



Los coeficientes de presión total resultan de la combinación más desfavorable de los coeficientes de presión interior y exterior.

ACCION DE VIENTO PERPENDICULAR AL LADO MAYOR S_a

ACCION EXTERIOR:



a) Sobre paredes:

De Fig. 8.2 : $\gamma_0 = 1$

De tabla 8.1. : $c_e = + 0,8$ a barlovento

$c_e = -(1,3 \gamma_0 - 0,8) = -0,5$ a sotavento

b) Sobre cubierta:

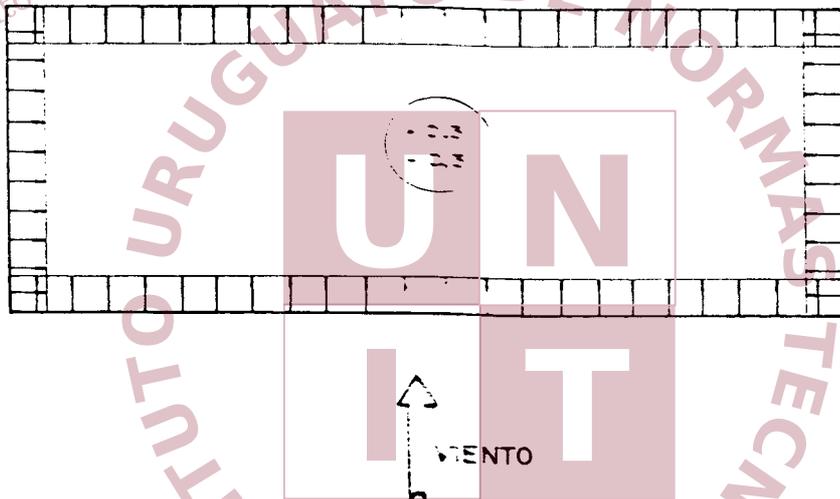
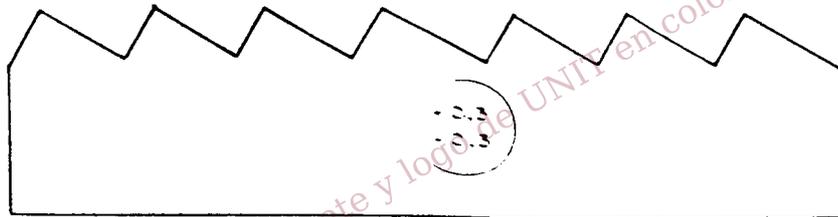
De Fig. 8.7 : $\frac{f}{h} = 0,29 < 0,5$

se aplica : $\alpha_1 = 0$

$c_e = -0,5$ a barlovento

$c_e = -0,5$ a sotavento

ACCION INTERIOR

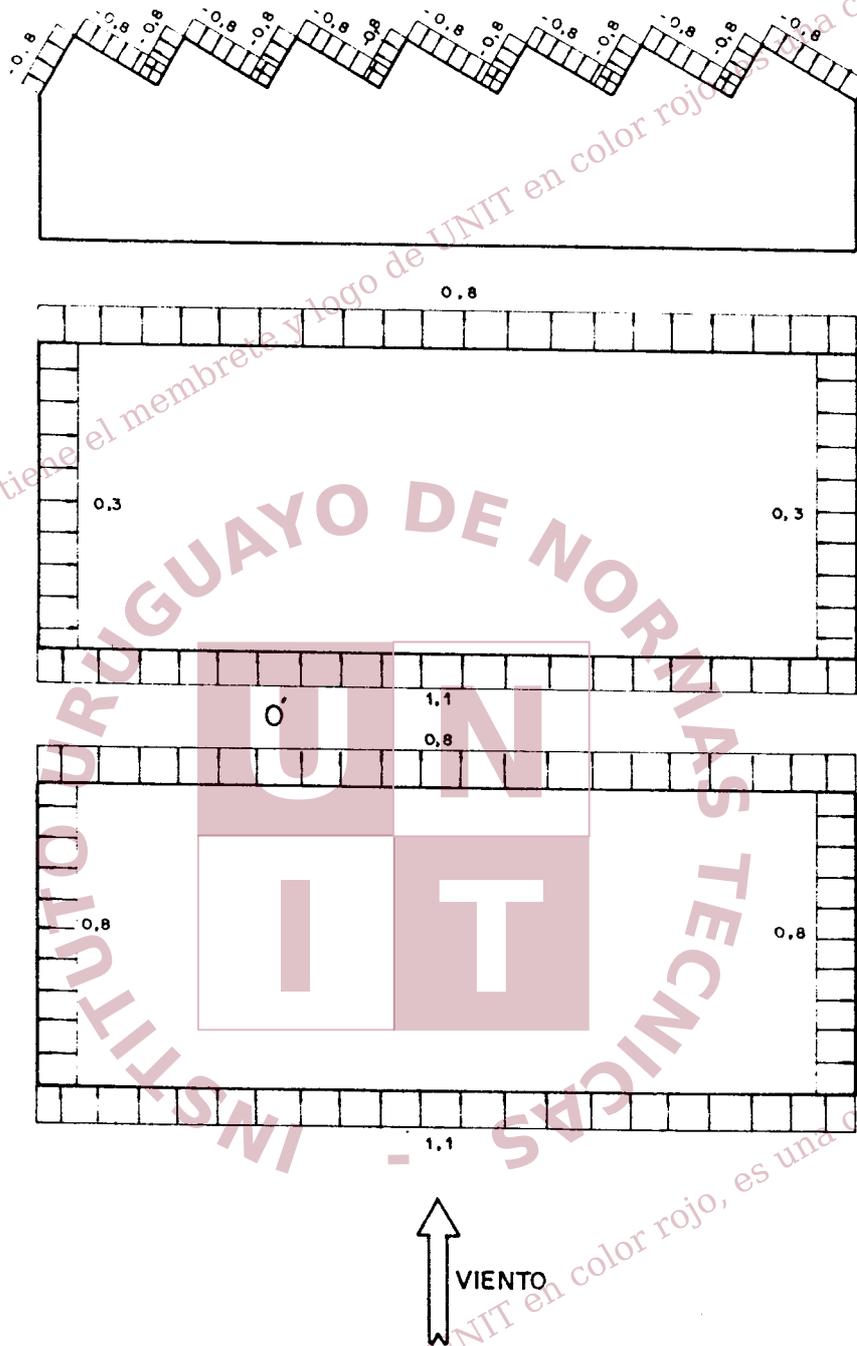


a) Sobre paredes:

$$\text{De tabla 8.2 : } c_i = -0,6(1,8 - 1,3\gamma_o) = +0,3$$

$$c_i = -0,6(1,3\gamma_o - 0,8) = -0,3$$

ACCION TOTAL



Los coeficientes de presión total resultan de la combinación más desfavorable de los coeficientes de presión interior y exterior.

ACCIONES RESULTANTES UNITARIAS A TENER EN CUENTA PARA EL CALCULO

Sobre paredes:

Sb ó Sb':

succión - c = - 0,8

presión - c = + 1

Sa ó Sa':

succión - $c = -0,8$

presión - $c = +1,10$

Sobre cubierta

Vertientes con $\alpha = 60^\circ$

succión - $c = -0,8$ para 1er. vertiente

$c = -0,8$ para las siguientes vertientes.

presión - $c = +0,68$ para 1er. vertiente.

$c = +0,56$ para las siguientes vertientes

Vertientes con $\alpha = 30^\circ$

succión - $c = -0,8$ para todas las vertientes

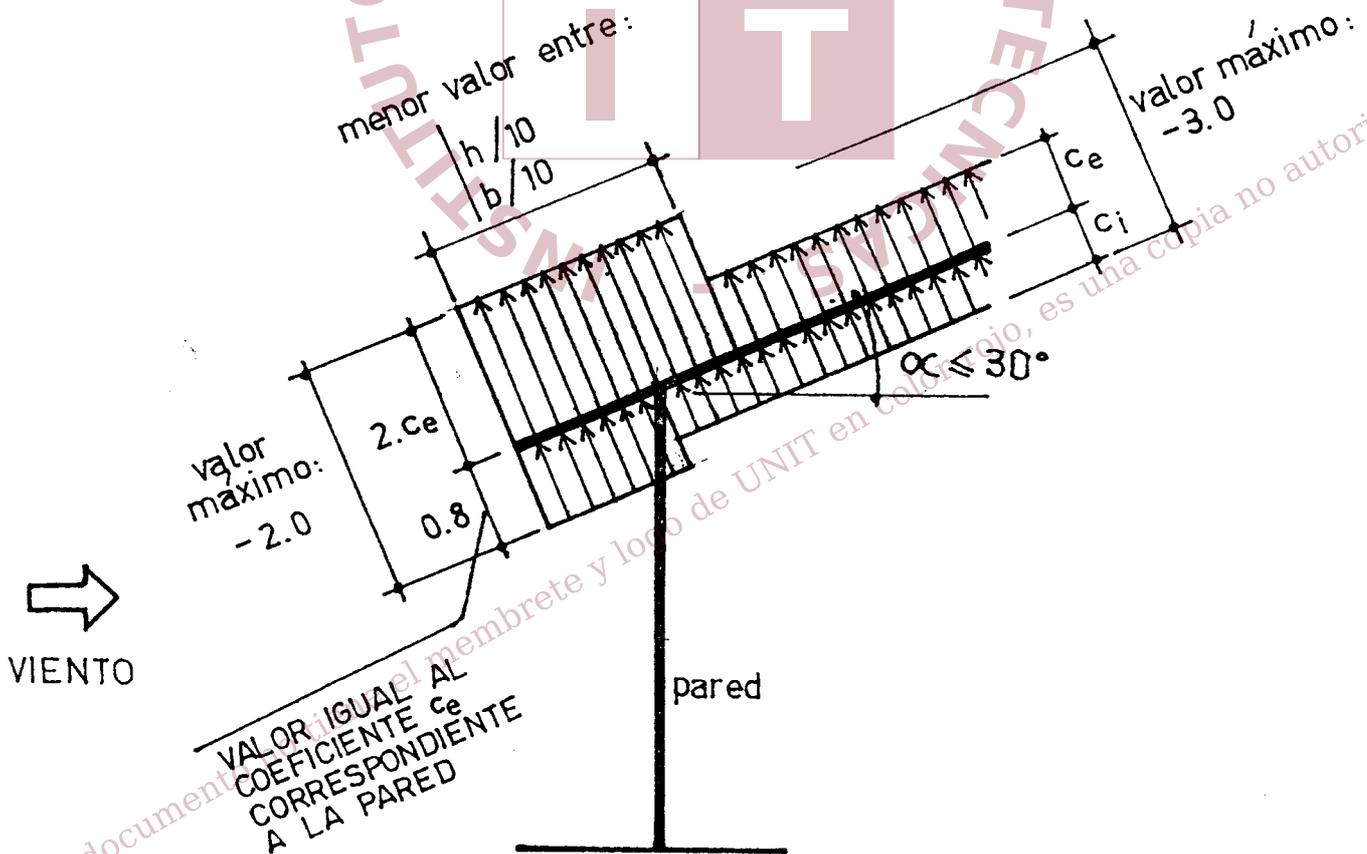
presión - $c = +0,2$ para todas las vertientes

13.13.3 Ejemplo de la determinación de los coeficientes c para el caso de un techo con aleros.

EJEMPLO 5.

Se indican valores de c solamente en la cubierta, y están particularizados para ángulos $\alpha \leq 30^\circ$.

Para otras situaciones, deberán determinarse los coeficientes c que correspondan.



INFORME CORRESPONDIENTE A LA NORMA UNIT 50 - 84 (2a. REVISION)

ACCION DEL VIENTO SOBRE LAS CONSTRUCCIONES

1 - INTRODUCCION

La existencia de estructuras cada vez más sensibles a las cargas laterales y a su distribución en el espacio, así como también el uso de materiales y técnicas constructivas que disminuyen las cargas permanentes y aumentan el valor relativo del efecto del viento sobre las solicitaciones totales, han dado cada vez más importancia al efecto que provoca sobre la estructura.

Este problema se presenta especialmente en una serie de construcciones que se han desarrollado en nuestra época: edificios elevados muy esbeltos, bóvedas delgadas autoportantes, mástiles y torres para transmisión, pantallas de radar, etc.

Es así que en la década del 30 se desarrolla el estudio sistemático de la distribución de las presiones en los diversos puntos de una superficie para diferentes tipos de construcciones, analizando el comportamiento de modelos reducidos ensayados en túneles de viento y determinando los coeficientes de presión que relacionan esas presiones con la presión dinámica del viento en vena libre.

La aplicación de estos conocimientos a la práctica de la ingeniería civil comienza de inmediato, en forma algo rudimentaria, en las normas de efecto del viento sobre las construcciones como la DIN 1055 de junio de 1939 en cuyas "Explicaciones" se dice que "las prescripciones que existen para considerar las cargas de viento se alejan mucho de la realidad", aunque se reconoce que deben quedarse en un procedimiento general aproximado que englobe los casos particulares a los que aún no se podría desglosar adecuadamente.

Esta norma sirvió de base en el año 1948 para que el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT) encomendara a un Comité especializado la redacción de una norma referente a la "Acción del viento sobre las construcciones", la UNIT 50 - 48, que cumplió eficazmente su cometido durante muchos años.

Pero los numerorísimos estudios que surgieron en los últimos 20 o 30 años ampliaron considerablemente el campo cubierto por los ensayos, proporcionando una información cada vez más detallada y exacta de la distribución de presiones, por cuya causa pronto se hicieron obsoletas aquellas normas y comenzó en la década del 50 la aparición de una nueva serie de normas tales como la suiza del 56 y la francesa del 65.

Por otra parte alrededor de los años 60 se comienza a producir un cambio conceptual en el campo aerológico que acompaña al nuevo criterio de seguridad de las estructuras: es el tratamiento probabilístico de los datos meteorológicos para la fijación de la "velocidad del cálculo" del viento en cada zona, así como también se comienza a separar claramente los diversos factores estructurales, topográficos, etc., que la afectan.

Este nuevo avance en el conocimiento de las fuerzas que actúan sobre las construcciones y su fijación para cada caso particular se reflejan en las primeras normas aparecidas a partir de los años 70 (EE.UU., Inglaterra, etc.) y que ya se insinúa en la norma francesa de 1965. En el año 1979 aparecen la norma brasilera NB-599 y la norma Iram 11700 que también utilizan este moderno criterio para definir los parámetros aerológicos.

2 – CONSIDERACIONES

Los conceptos vertidos anteriormente hicieron que el Ing. Julio Ricaldoni considerara especialmente oportuno la puesta al día de la Norma UNIT 50-48, motivo por el cual mediante nota del 18 de octubre de 1979, se dirigió al Consejo Directivo de UNIT para solicitar su revisión.

Junto con dicha nota y a los efectos de su utilización como antecedente el Ing. Ricaldoni, elevó copia del trabajo “Estudio sobre los vientos en el Uruguay” que presentara en las “XX Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural y VI Simposio Panamericano de Estructuras” que tuvieron lugar en Córdoba (República Argentina) entre el 22 y 28 de julio de 1979.

Al considerar dicho planteamiento en sesión del día 6 de Noviembre de 1979 el Consejo Directivo de UNIT resolvió que se realizara la revisión de la norma UNIT 50, para lo cual constituyó un comité especializado cuya integración se indica a continuación y cuya dirección solicitó al Ing. Julio Ricaldoni se hiciera cargo.

Este Comité se dedicó en primera instancia al estudio del aspecto aerológico, utilizando al efecto los datos meteorológicos de nuestro país recopilados por la Dirección de Meteorología del Uruguay, publicando en 1982 la norma UNIT 50-82, 1a. revisión, Parte I, que se refería exclusivamente a ese aspecto y disposiciones generales.

A continuación el mismo Comité se abocó a la redacción de la parte aerodinámica de la norma (coeficientes de presión y de forma) realizando el estudio comparado de las normas extranjeras que han recopilado la información experimental en forma más detallada, cuya nómina se indica en 4 - Antecedentes.

Realizado ese estudio el Comité resolvió adoptar las normas francesas (Règles NV 1978) introduciendo algunas pequeñas modificaciones o aclaraciones cuya necesidad aparecía al realizar su estudio y traducción. Esa alteración se introdujo especialmente en el caso de cables (capítulo 12 párrafo 12.3).

La presente norma UNIT 50-84, 2a. revisión, es un estudio completo de la acción del viento sobre las construcciones pues comprende ambos aspectos, aerológico y aerodinámico, para lo cual se incluyó la 50-82 (a la que sustituye) con ligeros cambios formales para adecuarla al nuevo contenido.

3 – INTEGRACION DEL COMITE

Para la integración de dicho comité se solicitaron delegados a las siguientes instituciones:

Dirección General de Meteorología
 Asociación de Ingenieros del Uruguay
 Ministerio de Industria y Energía
 Ministerio de Transporte y Obras Públicas
 Dirección de Vialidad
 Cámara de la Construcción
 Liga de la Construcción
 ANTEL
 Intendencia Municipal de Montevideo
 Facultad de Ingeniería
 Sociedad de Arquitectos
 UTE
 Centro Nacional de Tecnología y Productividad Industrial
 Facultad de Arquitectura
 Banco Hipotecario del Uruguay
 UNIT

Lic. Carlos M. Serrentino
 Ing. Carlos Agorio
 Ing. Antonio Pérez Iglesias
 Ing. Pedro Venturini
 Ing. Susana García Souto
 Ing. Eladio Dieste
 Ing. Mario Fernández
 Ing. Estrella Blumsztein
 Arq. Hugo Addiego
 Ing. Jaime Parada
 Arq. Ignacio David
 Ing. Clara Pérez

Arq. Haroutum Chamlian

Ing. Julio Ricaldoni
 Coordinador del Programa

4 — ANTECEDENTES

- 4.1 **Commision des règles neige et vent 1965**
 — Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions.
 (Revisions de 1967, 1970, 1974, 1975 et 1976) (Edition 1978).
- 4.2 **British Standards Institution**
 — CP 3 Code of basic data for the design of buildings. Chapter V: Part 2 - 1972. Wind loads.
- 4.3 **Schweizerischer Ingenieur - und Architekten - Verein**
 — SIA, n 160 - 1956. Normen für die Belastungsannahmen, die Inbetriebnahme und die Überwachung der Bauten.
- 4.4 **Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.**
 — IRAM 11700 - 1982. Acción del viento sobre las construcciones.
- 4.5 **Associação Brasileira de Normas Técnicas.**
 — NBR 6123 - 1980. Forças devidas ao vento em edificações. Procedimiento.
- 4.6 **American Standards Association.**
 — ASA A 58 - 1972. Building code requirements for minimum design loads in building and others structures.
- 4.7 **Deutsches Institut für Normung.**
 — DIN 1055- 4 - 1977. Lastannahmen für Bauten. Verkehrslasten. Windlasten nicht schwingungsanfälliger Bauwerke.