

3^a PARTE :

Los generadores climáticos (viento y nieve)

Copyright © BuildSoft s.a. 2006

Todos los derechos reservados. Toda reproducción total o parcial por cualquier procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo la impresión fotocopia, microfilm, o cualquier otro método de publicación, está prohibido sin la previa autorización escrita por parte de BuildSoft SA.

Al adquirir el programa POWERFRAME©, el comprador adquiere una licencia para su uso. Toda transmisión, total o parcial, de esta licencia a terceros está prohibida sin la previa autorización escrita por parte de Buildsoft SA.

A pesar del gran cuidado que se ha puesto en el desarrollo del programa y en la realización del manual de usuario, ni la redacción, ni Buildsoft SA no pueden en ningún caso ser responsables de los perjuicios directos o indirectos, ni de los daños que puedan suceder como resultado de un uso correcto o incorrecto del programa POWERFRAME© y de su manual de referencia. Buildsoft SA, ni los distribuidores del software no son de ningún modo responsables de cualquier imperfección del programa y/o del manual de referencia.

Microsoft es una marca registrada.

Windows y el símbolo Windows son marcas registradas de Microsoft Corporation.

1 Índice

1	ÍNDICE.....	3
2	GENERADOR DE VIENTO.....	5
2.1	GENERADOR DE VIENTO SEGÚN EL EUROCODIGO 1.....	5
2.1.1	<i>Introducción.....</i>	5
2.1.2	<i>Generalidades.....</i>	5
2.1.3	<i>Ejemplos de cálculo para considerar el viento</i>	18
2.1.4	<i>Mapas y valores por país.....</i>	25
3	GENERADOR DE NIEVE	28
3.1	GENERADOR DE NIEVE SEGÚN EUROCODIGO 1	28
3.1.1	<i>Introducción.....</i>	28
3.1.2	<i>Generalidades.....</i>	28
3.1.3	<i>Ejemplos</i>	30
3.1.4	<i>Mapas</i>	37

Observación importante: este manual sólo presenta los generadores climáticos relativos a los Eurocódigos. Sin embargo, PowerFrame contiene otros generadores climáticos. En nuestra página de Internet están disponibles pequeños manuales escritos sobre cada uno de ellos. No dude en descargárselos según sus necesidades.

Listas de manuales disponibles sobre generadores climáticos:

Para el viento:

- Bélgica: NBN ENV 1991-2-4 (igual que el Eurocódigo)
- Reino Unido: BS 6399
- Francia: NV 65 modificado en 95 & 99
- Países Bajos: NEN 6702

Para la nieve:

- Bélgica: NBN ENV 1991-2-3 (igual que el Eurocódigo)
- Reino Unido: BS 6399 Parte 3
- Francia: NV 65 modificado en 95 & 99
y N84 modificado en 95 & 00
- Países Bajos: NEN 6702

2 Generador de viento

2.1 Generador de viento según el Eurocódigo 1

2.1.1 Introducción

PowerFrame le propone una serie de generadores de viento concebidos conforme a las normas a las cuales se refieren.

La presente nota le ayudará a aplicar las fuerzas repartidas equivalentes al efecto del viento según el Eurocódigo 1. En Bélgica, esta norma tiene el estatuto de norma (NBN 1991-2-4) desde 1995. Este manual no quiere en ningún caso sustituir a la norma. Le recomendamos, por otra parte, que la lea para comprender mejor aquello que usted haga con PowerFrame

Es necesario saber que los generadores de viento de PowerFrame pretenden estar muy próximos a las normas o reglas con el fin de facilitar su comprensión y utilización. Usted podrá, pues, seguir sin problemas los textos normativos a los cuales hacemos referencia.

2.1.2 Generalidades

2.1.2.1 Límites de validez del generador de viento

El límite de validez del generador de viento está vinculado a la del propio Eurocódigo.

El Eurocódigo ya no se aplica a los edificios cuyo coeficiente dinámico (c_d) sobrepasa el valor 1,2. Este coeficiente dinámico depende de las dimensiones de la construcción así como de la naturaleza de la estructura (acero, madera, hormigón...) Para su información, sepa que una construcción de hormigón armado de menos de 100m o que una construcción metálica de menos de 35m tiene un coeficiente dinámico (c_d) inferior o igual a 1. El coeficiente dinámico está dado con la ayuda de un diagrama que se encuentra en la sección 9 del Eurocódigo 1 parte

2-4 o con la ayuda de la fórmula que se encuentra en el anexo B del Eurocódigo 1 parte 2-4.

Los generadores de viento de PowerFrame están reservados a los edificios y no son convenientes para puentes...

2.1.2.2 Dirección del viento

El Eurocódigo propone un método para determinar el efecto del viento perpendicular a las fachadas. Es por lo que PowerFrame permitirá generar el efecto del viento en todo plano paralelo a los planos XY y ZY.

2.1.2.3 Diferentes casos de cálculo

PowerFrame le permite generar el viento de izquierda a derecha o de derecha a izquierda. Además, la norma prevé dos casos posibles. Eso se debe, principalmente, al ángulo formado por la dirección del viento y la horizontal ($\pm 15^\circ$). PowerFrame hará, pues, una distinción entre el viento ascendente y el viento descendente. Normalmente, el edificio debe poder tener carga en todos los casos.

2.1.2.4 Velocidad del viento

La velocidad de referencia del viento corresponde a la velocidad media, medida sobre un intervalo de tiempo de 10 minutos a una altura de 10 m sobre un terreno de categoría II (cf más lejos), observada una vez cada cincuenta años.

$$V_{ref} = C_{DIR} \cdot C_{TEM} \cdot C_{ALT} \cdot V_{ref,0}$$

con

$V_{ref,0}$: valor básico de la velocidad de referencia del viento;

C_{DIR} : factor que tiene en cuenta la dirección del viento;

C_{TEM} : factor de reducción para las construcciones temporales o provisionales. En el caso de construcciones clásicas, $C_{TEM} = 1$;

C_{ALT} : factor que tiene en cuenta la altitud.

Los valores de estos parámetros están definidos país por país, ver región por región.

En Bélgica la $v_{ref,0}$ está fijada en 26.2 m/s, C_{TEM} y C_{ALT} valen 1. Una tabla da el valor de C_{DIR} en función de la dirección del viento. $C_{DIR} = 1$ para el norte, el sur y el oeste, y varía entre 1 y 0.837 para las direcciones

orientadas entre el norte y el este así como para aquellas entre el este y el sur.

Para los Países Bajos, un mapa distingue tres regiones para las cuales las velocidades del viento son respectivamente 25.0, 27.5 y 30 m/s. Los parámetros c_{DIR} , c_{TEM} y c_{ALT} están fijados en 1.

Para Luxemburgo, $v_{ref,0}$ vale 26.0 m/s. c_{DIR} , c_{TEM} y c_{ALT} son iguales a 1.

Para Francia, un mapa distingue 4 zonas donde se aplican diferentes velocidades de viento (24.0, 26.0, 28.0, 30.5 m/s). Los parámetros c_{DIR} , c_{TEM} y c_{ALT} valen todos 1.

Alemania está dividida en 4 zonas con las velocidades de viento variando de 24.3 a 31.5 m/s. En las zonas 1 y 2 para las cuales la velocidad media del viento es más escasa, conviene hacer intervenir al coeficiente c_{ALT} para todas las construcciones situadas a más de 800 metros de altitud. En la zona 1, cuando la altitud se sitúa entre 800 y 1100 metros, $c_{ALT} = 0.65 + as/2270$. Por encima de 1100 metros es necesaria la relación de medidas. En la zona 2, estas relaciones se imponen desde que la altitud sobrepasa 800 metros. Las estructuras que tienen una duración de vida de menos de cuatro años, se calculan teniendo en cuenta una reducción del empuje del viento a través del factor c_{TEM} .

Si usted necesita parámetros relativos a otros países, puede consultar el Eurocódigo, parte 2-4, anexo A.

2.1.2.5 Presión de referencia del viento

q_{ref}

La presión de referencia del viento q_{ref} , expresada en N/m^2 , se calcula de la siguiente forma:

$$q_{ref} = \frac{\rho \cdot v_{ref}^2}{2}$$

donde

v_{ref} es la velocidad de referencia del viento en m/s
 ρ es la densidad del aire en Kg/m^3 (1.25 Kg/m^3)

En Bélgica, cuando $c_{ALT} = c_{TEM} = c_{DIR} = 1$, la presión de referencia del viento vale 429 N/m^2 .

2.1.2.6 Presión del viento sobre las superficies

El valor neto de la presión del viento ejercida sobre una superficie corresponde a la diferencia entre las presiones externa e interna sobre esta superficie.

La presión sobre una superficie externa (w_e) se obtiene del siguiente modo:

$$w_e = q_{ref} \cdot c_e(z_e) \cdot c_{pe}$$

con

q_{ref} : presión de referencia del viento;

$c_e(z_e)$: factor de exposición;

c_{pe} : factor aerodinámico relativo a la presión externa.

La presión sobre una superficie interna (w_i) se obtiene del siguiente modo:

$$w_i = q_{ref} \cdot c_i(z_i) \cdot c_{pi}$$

con

q_{ref} : presión de referencia del viento;

$c_i(z_e)$: factor de exposición;

c_{pi} : factor aerodinámico relativo a la presión interna.

2.1.2.7 Factor de exposición

El factor de exposición $c_e(z)$ tiene en cuenta la influencia de ciertos parámetros sobre la velocidad media del viento. Citemos, por ejemplo, las características del terreno, la presencia o no de obstáculos, la topografía y la altitud en relación al nivel del suelo. Este factor se determina del siguiente modo:

$$c_e(z) = c_r^2(z) \cdot c_t^2(z) \cdot \left[1 + \frac{7k_T}{c_r(z) \cdot c_t(z)} \right]$$

donde

k_T es el factor del terreno;
 $c_r(z)$ un factor relativo a la categoría del terreno;
y $c_t(z)$ es el factor topográfico.

Se distinguen las siguientes categorías de terreno:

- I Mar abierto, lagos con al menos 5km de extensión en la dirección del viento, terreno llano sin obstáculos.
- II Granjas con setos, pequeñas estructuras agrarias ocasionales, casas o árboles.
- III Áreas suburbanas o industriales, bosques permanentes.
- IV Áreas urbanas con al menos el 15% de su superficie cubierta con estructuras de altura media mayor de 15 metros.

Los parámetros k_T , z_0 y z_{\min} han sido definidos por estas diferentes categorías:

Categoría de terreno	k_T	z_0	z_{\min}
I	0.17	0.01	2
II	0.19	0.05	4
III	0.22	0.3	8
IV	0.24	1	16

Los parámetros z_0 y z_{\min} (altura mínima) permiten determinar el factor $c_r(z)$.

2.1.2.8 Factor $c_r(z)$

El factor $c_r(z)$, en función de la altura z , está dado por:

$$c_r(z) = k_T \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{donde } z_{\min} \leq z \leq 200m$$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) = k_T \cdot \ln\left(\frac{z_{\min}}{z_0}\right) \quad \text{donde } z \leq z_{\min}$$

Ejemplo de cálculo de $c_r(z)$:

Imaginemos un terreno de categoría III sobre el cual se desea construir un edificio de una altura media de 4 metros. La tabla de la página precedente nos da:

$$\begin{aligned}k_T &= 0.22 \\z_0 &= 0.3\text{m} \\z_{\min} &= 8\text{m}\end{aligned}$$

La altura z vale 4m y es inferior a la altura mínima.

Obtenemos por lo tanto:

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) = c_r(8) = 0.22 \ln(8/0.3) = 0.722$$

2.1.2.9 Factor topográfico $c_t(z)$

El factor topográfico permite tener en cuenta la variación de la velocidad del viento en función de la presencia de colinas o escarpaduras. La velocidad del viento a considerar es aquella observada en la base de la colina:

$$\begin{array}{lll}c_t = 1 & \text{para} & \phi < 0.05 \\c_t = 1 + 2 \cdot s \cdot \phi & \text{para} & 0.05 < \phi < 0.3 \\c_t = 1 + 0.6 \cdot s & \text{para} & \phi > 0.3\end{array}$$

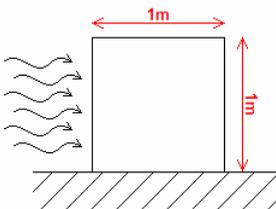
donde

s es un factor obtenido de los diagramas 8.1 y 8.2 del Eurocódigo 1;

ϕ es la pendiente del terreno, expresada en %, en la dirección del viento.

2.1.2.9.1 Ejemplo de cálculo del factor de exposición $c_e(z)$ y de la presión del viento resultante

Hipótesis: Terreno de categoría III, situado en Bélgica.
Construcción de 1 m de longitud.



Supongamos que esta construcción esté situada en la cumbre de un montículo de 30m de altura y que la cuesta de la colina presente una inclinación de 30% en todas las direcciones.

Cálculo:

El factor $c_r(z)$ toma el mismo valor que en el ejemplo precedente:

$$k_T = 0.22$$

$$c_r(z) = 0.722$$

El factor topográfico $c_t(z)$ vale:

$$\phi = 0.3$$

$$L_e = L_u = 100\text{m}$$

$$Z/L_e = 0.3$$

El diagrama 8.2 del Eurocódigo nos da $s = 0.5$

$$c_t(z) = 1.3$$

$$c_e(z) = 2.328 \text{ (fórmula en la página 5)}$$

La presión sobre la cara vertical izquierda vale, por lo tanto:

$$2.328 \times 429 = 999\text{N/m}^2.$$

2.1.2.10 Factor dinámico (c_d)

Las presiones obtenidas deben aumentarse un factor c_d , con el fin de considerar los riesgos debidos al comportamiento dinámico de la estructura.

2.1.2.11 Coeficiente de presión externa (c_{pe})

2.1.2.11.1 Coeficiente de presión externa para paredes verticales

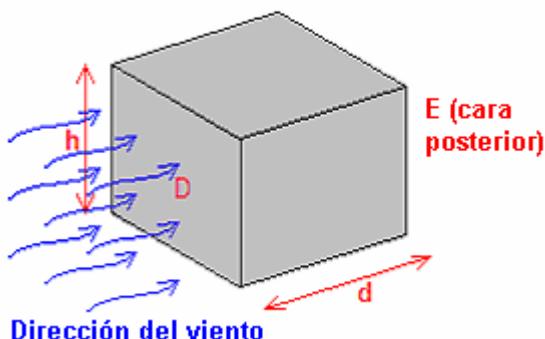
El factor c_{pe} depende de la superficie de la pared expuesta al viento:

$c_{pe,1}$ para superficies de 1 m^2 o inferiores.

$c_{pe,10}$ para superficies de 10 m^2 o superiores.

$c_{pe} = c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \cdot \log_{10}A$ para superficies A que varíen de 1 a 10 m^2 .

El valor del factor c_{pe} depende igualmente de la relación d/h de la construcción, donde d corresponde a la profundidad del edificio (en la dirección del viento) y h a la altura de la construcción.



La tabla siguiente indica los valores correspondientes a las paredes verticales de un edificio rectangular:

Zona	D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
≤ 1	0.8	1	-0.3	
≥ 4	0.6	1	-0.3	

Para un factor d/h comprendido entre 1 y 4, se obtienen los valores de C_{pe} por interpolación.

Retomando el último ejemplo tratado, se pueden determinar las presiones sobre las paredes verticales.

La presión sobre la cara a barlovento pasa a ser
 $429 \times 1.634 \times 1.0 = 701\text{N/m}^2$

La aspiración sobre la cara a sotavento vale:
 $429 \times 1.634 \times (-0.3) = -210\text{N/m}^2$.

Partamos de las mismas hipótesis que en el ejemplo precedente con una construcción que tenga una longitud de 4 metros. La superficie expuesta al viento vale, por lo tanto 4m^2 .

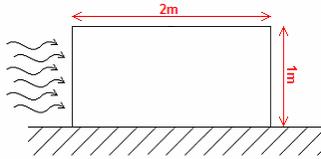
$$C_{pe} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \cdot \log_{10}A$$

$$= 1.0 + (0.8 - 1.0) \cdot \log_{10}4 = 0.880$$

La presión sobre la cara a barlovento pasa a ser
 $429 \times 1.634 \times 0.880 = 616\text{N/m}^2$

La aspiración sobre la cara a sotavento vale
 $429 \times 1.634 \times (-0.3) = -210\text{N/m}^2$.

Partamos de las mismas hipótesis que en el ejemplo precedente con una construcción que tenga una profundidad de 2 metros en la dirección del viento:



$$d/h = 2$$

El valor de $c_{pe,10}$ se obtiene por interpolación:

$$c_{pe,10} = 0.8 - 0.2/3 = 0.733$$

$$\begin{aligned} c_{pe} &= c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \cdot \log_{10} A \\ &= 1.0 + (0.733 - 1.0) \cdot \log_{10} 4 \\ &= 0.840 \end{aligned}$$

La presión sobre la cara a barlovento pasa a ser
 $429 \times 1.634 \times 0.840 = 616 \text{N/m}^2$

La aspiración sobre la cara a sotavento vale
 $429 \times 1.634 \times (-0.3) = -210 \text{N/m}^2$.

Observación sobre la altura de construcciones: Las construcciones de una altura superior a su longitud pero inferior al doble de ésta, deben abordarse en 2 partes: una primera de una altura igual a la longitud, y una segunda compuesta por la parte situada encima de la primera. Las construcciones que presentan una altura superior al doble de la longitud deben abordarse banda por banda, la altura de referencia z_e corresponde a la altura de cada una de ellas.

2.1.2.11.2 Coeficiente de presión externa para paredes oblicuas

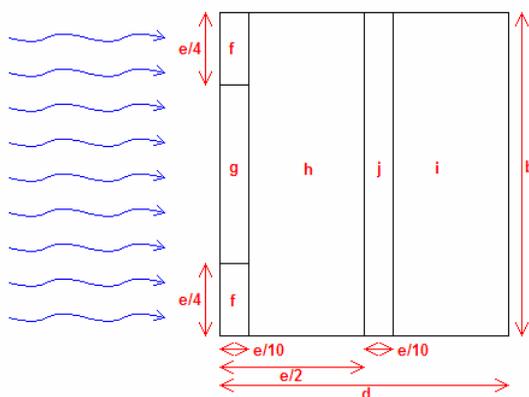
La norma prevé tratar diferentes tipos de cubierta. Vamos a explicar dos casos en particular, a saber, una cubierta plana simple sobre un edificio cerrado, y una cubierta a dos aguas. Sepa, no obstante, que PowerFrame considera igualmente otros tipos de cubierta con el fin de responder mejor a las prescripciones del Eurocódigo (por ejemplo, cubierta simple oblicuo, marquesina, techos múltiples,..)

Los valores de c_{pe} en la zona i pueden ser a veces positivos, a veces negativos. Conviene, pues, tratar los dos casos hipotéticos: presión y aspiración.

Trataremos un ejemplo más adelante para ilustrar lo que se acaba de explicar.

Explicación para cubierta a dos aguas:

Una cubierta puede ser dividida en zonas como en la figura en planta siguiente:



La altura $z_e = h$ corresponde a la altura del punto más alto del tejado. La dimensión e corresponde al valor menor entre b y $2h$.

La tabla con los valores de c_{pe} a considerar para un viento en la dirección de la pendiente de la cubierta es la siguiente:

Zona	f		g		h		i		j	
Pendiente	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$								
5°	-1.7	-2.5	-1.2	-2.0	-0.6	-1.2	-0.3		-0.3	
15°	-0.9	-2.0	-0.8	-1.5	-0.3		-0.4		-1.0	-1.5
		0.2		0.2		0.2				
30°	-0.5	-1.5	-0.5	-1.5	-0.2		-0.4		-0.5	
		0.7		0.7		0.4				
45°		0.7		0.7		0.6		-0.2		-0.3
60°		0.7		0.7		0.7		-0.2		-0.3
75°		0.7		0.8		0.8		-0.2		-0.3

Trataremos un ejemplo más adelante que ilustra este caso.

2.1.2.12 Coeficiente de presión interna (c_{pi})

Veamos algunas explicaciones teóricas que usted podrá comprender fácilmente utilizando el cuadro de diálogo del coeficiente de presión interna. Le bastará con activar la casilla correspondiente al caso descrito para ver directamente el valor de c_{pi} .

El Eurocódigo prevé varios casos hipotéticos.

El primero se refiere a los edificios de planta sensiblemente cuadrada con distribución homogénea de huecos. En este caso, el c_{pi} se toma igual a -0.25 .

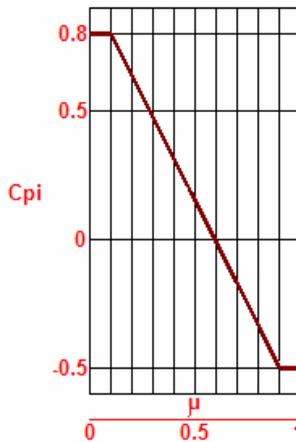
Un segundo caso se refiere a los edificios cerrados con particiones interiores y con posibles huecos de puertas y ventanas. Se toma entonces 0.8 o -0.5 para el c_{pi} . Hay que verificar para los dos valores.

La última posibilidad permite dar un valor para el resto de casos. Para ello, se utiliza el coeficiente μ determinado de la siguiente forma:

$$\mu = \frac{\Sigma \text{superficie de huecos a sotavento o paralelas al viento}}{\Sigma \text{superficie de huecos}}$$

Hay que determinar el μ más grande y el μ el más pequeño en función de los huecos temporales.

Una vez encontrados estos valores, es suficiente con leer el valor del gráfico siguiente:



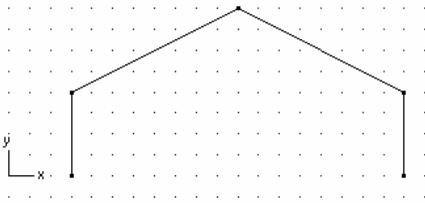
Se tienen dos c_{pi} para los cuales hay que hacer los cálculos.

2.1.3 Ejemplos de cálculo para considerar el viento

A continuación vamos a ver, con la ayuda de ejemplos, el funcionamiento del generador de viento.

Comience por diseñar su edificio tal y como usted lo hace habitualmente. Entonces, seleccione un contorno sobre el cual va a aplicar el viento.

Para el ejemplo, nos vamos a limitar a un contorno en 2D como vemos a continuación: (La malla está configurada en metros)



Altura de los pilares: 4m
Altura total: 8m
Longitud del pórtico: 16m

Este pórtico está insertado en una construcción de 18m de longitud con pórticos cada 6m.

En la ventana de cargas, seleccione el grupo de cargas adecuado antes de seleccionar todo el contorno que le interesa. Se activa el siguiente icono . Si el contorno seleccionado no estuviera en un plano paralelo a los planos verticales ortogonales, el generador de viento no daría resultados coherentes.

Haciendo clic en el icono, aparece ventana de diálogo siguiente en la pantalla:



Observe que PowerFrame no se limita a un solo generador de viento sino que ofrece varias posibilidades en función de las necesidades regionales.

Escoja el Eurocódigo1 donde NBN ENV 1991-2-4 (B) es válido. Entonces aparece en la pantalla la ventana de diálogo principal.



Recorramos rápidamente este cuadro de diálogo.

Debe comenzar por indicar si se trata de un viento procedente de la izquierda o de la derecha. También tiene la posibilidad de indicar si se trata de un viento ascendente o descendente. Los coeficientes de presión externa pueden, en efecto, cambiar en uno u otro caso. Normalmente, la estructura debe ser estudiada en los dos casos hipotéticos.

Los coeficientes de presión externa pueden variar dependiendo de si uno se sitúa a los lados o en la mitad del bloque de la construcción tratada. Es por ello que es necesario señalar en qué caso se encuentra. Un contorno con tejado normal se considera “al lado” si la distancia que lo separa del borde es inferior a un cuarto del mínimo entre la longitud paralela al viento del edificio y dos veces la altura. Si el tejado es una marquesina, se considera que está “al lado” si la distancia entre el borde y el pórtico es inferior a 1/10 de longitud del edificio ofrecida al viento.

En resumen:

si $D < 0.25 * \min(2H, B)$ para las cubiertas normales.

si $D < 0.1 L$ para las marquesinas.

La línea siguiente permite dar la longitud del edificio o parte del edificio que usted estudia. Si, por ejemplo, su construcción comprende dos bloques de dimensiones diferentes, es preferible tratarlos por separado introduciendo como longitud total aquella de cada parte respectiva.

La distancia de separación entre pórticos se debe indicar en la línea de debajo. Se trata de la longitud retomada por el pórtico, no olvide dividirla en dos para los pórticos de los extremos.

Puede introducir el coeficiente dinámico en la casilla prevista a este efecto. Como ayuda, utilice las notas escritas en las “Generalidades” así como el Eurocódigo. Si su edificio es de tamaño corriente es muy probable que un valor 1 sea aceptable.

Hay dos botones que le permitirán ir a los cuadros de diálogo secundarios.

Primero, haga clic sobre **Condiciones del terreno...** para abrir la ventana de diálogo siguiente:

Tipo de terreno	III	Velocidad viento Vref0	26.2	m/s
Factor de dirección Cdir	1	% de pendiente	0	%
Factor temporal Ctem	1	Factor s	1	
Factor de altitud Calt	1	Densidad del aire	1.25	kg/m³

OK Anular

Basta con introducir los parámetros con los valores determinados como en la primera parte de este manual. Los valores de $c_e(z)$, $c_t(z)$ y $c_r(z)$ son calculados automáticamente a partir de los datos que usted introduce. Para el ejemplo, rellene los parámetros como en la figura anterior.

Vuelva ahora a la ventana principal y haga clic sobre el botón siguiente

Presiones internas...

Presiones internas...

No considerar las presiones internas

Para una distribución homogénea de aberturas para un edificio casi cuadrado

Edificio con aberturas aleatorias

El mayor Cpi

El menor Cpi

Lado 3

Lado 1

Lado 2

Lado 4

Aberturas		permanentes	temporales	
Lado 1:	0.00	cm ²	0.00	cm ²
Lado 2:	0.00	cm ²	0.00	cm ²
Lado 3:	0.00	cm ²	0.00	cm ²
Lado 4:	0.00	cm ²	0.00	cm ²

Edificio cerrado con divisiones internas y posibles aberturas de ventanas y puertas

Volumen interno en sobrepresión

Volumen interno en depresión

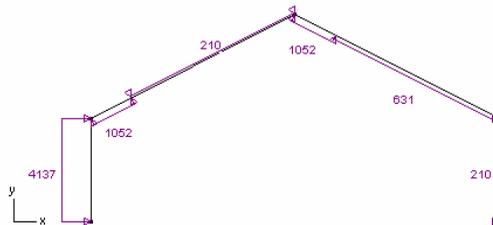
Elija usted

Cpi: -0.25

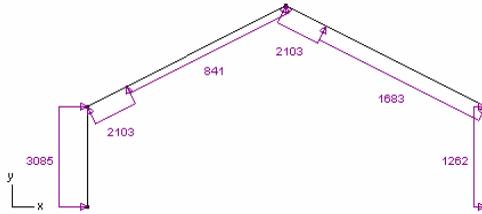
OK

Este cuadro de diálogo le ayuda a escoger el coeficiente interno más adecuado en función de las aberturas en la construcción. En todo momento, usted ve el valor del coeficiente de presión interna en función de las diferentes posibilidades. Está señalado siempre en la casilla de la derecha en la parte “Elija usted”. Esto da un mejor control de lo que usted hace.

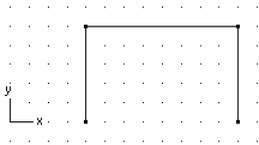
Vuelva de nuevo ahora a la ventana principal e introduzca los parámetros como están indicados en la representación. Confirme para obtener los resultados siguientes.



Si no hubiéramos considerado el c_{pi} , habríamos obtenido los resultados siguientes:



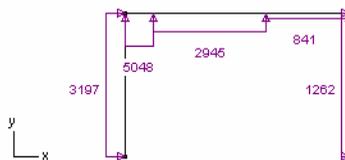
Le proponemos un segundo ejemplo que ilustrará la determinación del c_{pe} para una cubierta plana. Configuraremos la malla de la misma manera que aquí debajo pero dejando el valor del c_{pi} a 0 (activando: 'No considerar').



Altura: 5m
Longitud : 8m

Se trata de un pórtico simple de 5m de altura y de 8m de profundidad. Está insertado en una construcción de 18m de longitud con pórticos cada 6m.

Veamos los resultados inmediatos



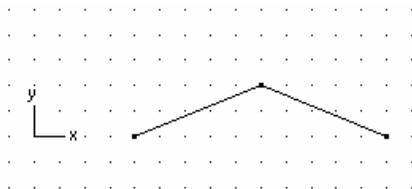
Le será fácil verificar de forma manual los valores para controlar la exactitud de los resultados.

Hemos estudiado dos pórticos simples. Sepa, no obstante, que PowerFrame permite estudiar todo tipo de contorno.

Le proponemos ahora estudiar rápidamente un caso hipotético un tanto peculiar. Suponga que usted quiere calcular el viento para un depósito cuyas paredes verticales están todas abiertas.

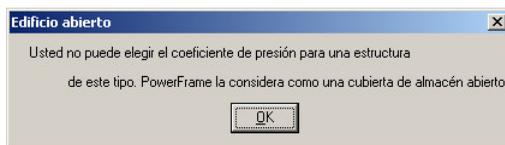
Sólo tiene que seleccionar la cubierta, puesto que las columnas no retoman la carga del viento ejercida sobre las paredes verticales.

Por lo tanto, dibuje únicamente una cubierta para el ejemplo como en la figura siguiente.



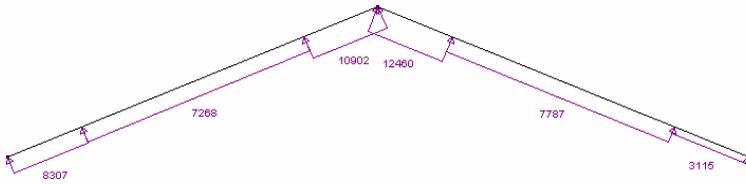
Queriendo proceder como anteriormente, se encontrará con dos cambios. El primero se encuentra en la ventana principal del generador de viento. Una línea suplementaria le pide introducir la altura entre el suelo y el borde inferior de la cubierta con el fin de tenerlo en cuenta en los cálculos. El segundo cambio se refiere al coeficiente de presión interna que ya no tiene que determinar.

Por otra parte, haciendo clic en el botón “Presión interna”, verá aparecer la ventana siguiente:



La norma prevé en efecto los coeficientes particulares para este tipo de edificio.

Si usted hace el cálculo, después de haber hecho los parámetros como en los ejemplos anteriores escogiendo una altura de 6m, obtendrá los siguientes resultados:



Usted dispone ahora de una herramienta sencilla que le permite responder a la mayoría de casos corrientes. Ya conoce el funcionamiento general, le es permitido probar sin temor todas las posibilidades del generador de viento.

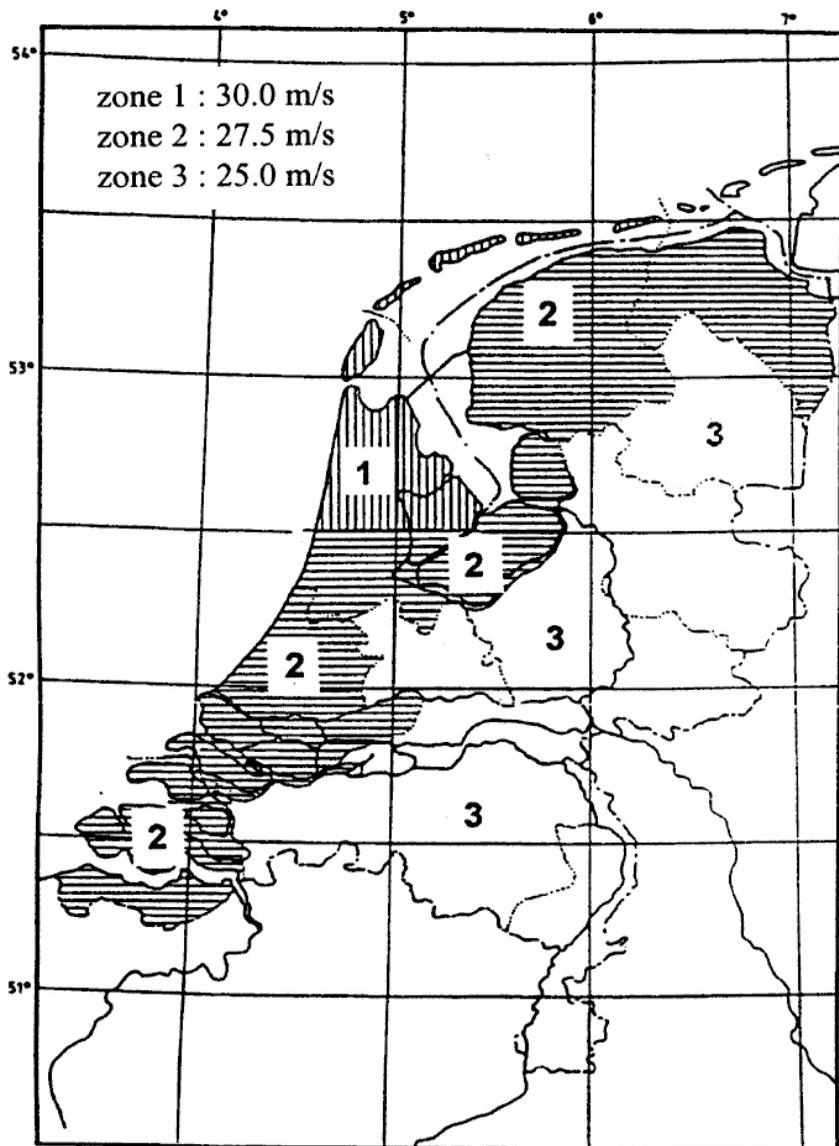
2.1.4 Mapas y valores por país

2.1.4.1 Determinación del factor de dirección para Bélgica

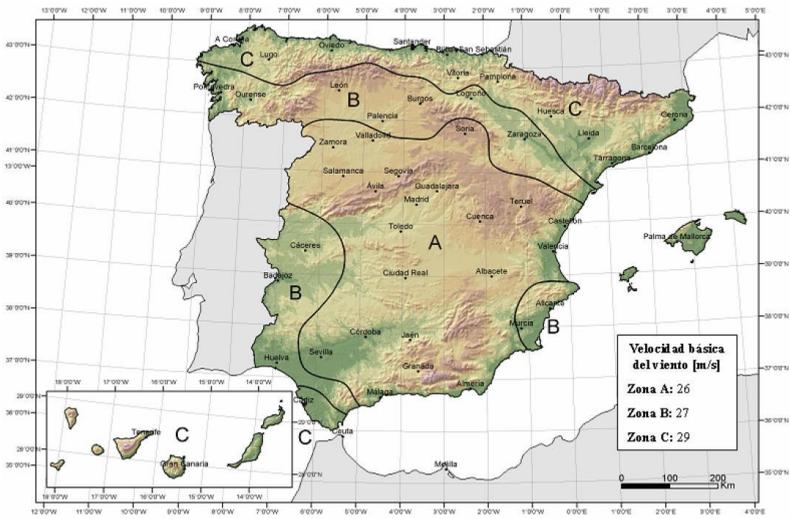
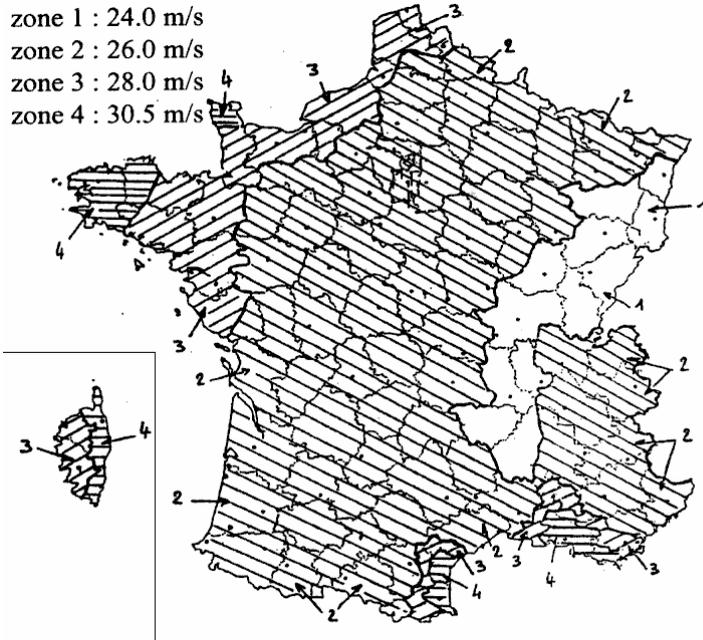
Dirección	Factor de dirección
0° (Norte)	1.0
22.5°	1.0
37.75°	0.949
45°	0.894
56.25°	0.837
90° (Este)	0.894
120°	0.894
150°	0.949
180° (Sur)	1.0
270° (Oeste)	1.0

Usted puede interpolar los valores para las direcciones intermedias.

2.1.4.2 Mapas



zone 1 : 24.0 m/s
 zone 2 : 26.0 m/s
 zone 3 : 28.0 m/s
 zone 4 : 30.5 m/s



3 Generador de nieve

3.1 Generador de nieve según Eurocódigo 1

3.1.1 Introducción

La presente nota le ayudará a aplicar las fuerzas repartidas equivalentes al efecto de la nieve según la norma NBN ENV 1991-2-3 del Eurocódigo. Este manual no pretende sustituir en ningún caso a la norma. Le animamos a leerla primero para comprender mejor lo que usted hará con PowerFrame. Se ha de saber que los generadores de nieve de PowerFrame pretenden ser muy próximos a las normas con el fin de facilitar la comprensión y la utilización. Podrá, pues, seguir sin problemas los textos normativos a los cuales hacemos referencia.

3.1.2 Generalidades

3.1.2.1 Carga de nieve en el terreno (s_k)

La carga de nieve en el terreno es el valor de referencia que se tomará para determinar la influencia de la nieve sobre todo plano de una construcción.

La carga de la nieve sobre el suelo está influenciada por la localización geográfica así como por la altitud.

El Eurocódigo contiene un anexo A en el cual usted encontrará los valores de la carga de nieve en el terreno para la mayoría de los países europeos.

3.1.2.2 Carga de nieve en cubiertas u otras superficies (s)

La carga de la nieve sobre las construcciones se determina rápidamente con la ayuda de la fórmula siguiente:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

- μ_i : coeficiente nominal en función de la forma de la construcción y en particular de la cubierta.
- C_e : coeficiente de exposición que se toma generalmente igual a 1.
- C_t : coeficiente térmico que considera el calor proporcionado bajo la cubierta. Generalmente, se escoge un valor de 1.

Se trata de una carga vertical que hay que proyectar sobre los planos.

El μ_i lo determina usted automáticamente con PowerFrame.. El programa utiliza para esto la sección 7 del Eurocódigo 1 parte 2-3 referente a la consideración de la nieve para los edificios.

3.1.2.3 Casos de carga de nieve

El Eurocódigo prevé diferentes casos de carga bien distintos en función del tipo de cubierta. PowerFrame esquematiza estos casos de carga con la ayuda de pequeños dibujos. Podrá ver todas las posibilidades de casos de carga haciendo los ejemplos propuestos más adelante en este manual.

3.1.2.4 Deslizamiento de la nieve

Hay que saber que el Eurocódigo no prevé ningún cambio en cuanto a la carga de la nieve si usted tiene o no dispositivos de retención de nieve. No obstante, da una fórmula que da la fuerza ejercida por la nieve sobre las barreras u obstáculos.

$$F = \Delta \cdot b \cdot \sin \alpha$$

F : fuerza lineal paralela a la cubierta ejercida sobre el obstáculo (en kN/m).

Δ : carga de nieve en la cubierta, tomada antes de la proyección sobre los planos oblicuos.

α : ángulo de la cubierta con relación a la horizontal.

b: distancia horizontal entre el obstáculo y la limesa.

PowerFrame no aplica esta fuerza. Es usted, pues, quien la debe introducir en los lugares deseados si quiere tenerla en cuenta.

Observación: El generador de nieve de PowerFrame no está concebido, en principio, para las cubiertas en bóveda o cúpula. Es por ello que el programa no puede dar resultados con total conformidad a la norma para cubiertas similares en todos los casos de carga. Sin embargo, escogiendo los casos de cargas más corrientes, obtendrá resultados totalmente convenientes.

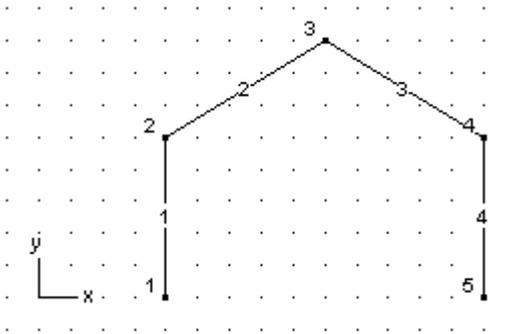
3.1.3 Ejemplos

3.1.3.1 Ejemplo 1

Le proponemos hacer un recorrido rápido por el generador de nieve con la ayuda de un ejemplo. De igual modo, pondremos al final algunas figuras de ejemplos particulares para que usted pueda ver las posibilidades y la precisión del generador de nieve de PowerFrame.

Primeramente, hay que saber que el generador de nieve sólo está disponible después de haber seleccionado un contorno coplanario en cualquier plano vertical.

Dibuje, pues, el siguiente contorno (la configuración de la malla está en metros):



Altura de los pilares: 5m
 Altura total: 8m
 Longitud del pórtico: 10m

No es necesario definir ni los apoyos ni las barras.

Vaya a la ventana de cargas, seleccione el grupo de cargas que desee y seleccione el contorno en la pantalla.

El icono  para la nieve se activa. Haga clic encima. Veamos el cuadro de diálogo que aparece:



Elija el Eurocódigo y valide para ver la ventana principal del generador de nieve.

PowerFrame redibuja el contorno que toma en consideración para asegurarle la correcta selección de éste.

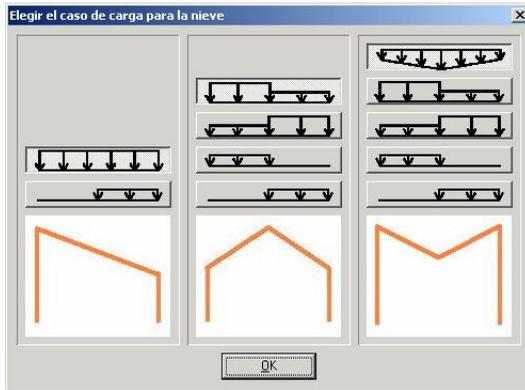
La primera línea le permite indicar la longitud retomada por el pórtico. Generalmente, para un pórtico en un extremo, se trata de la mitad de la distancia entre dos pórticos. Para los demás casos, se toma, generalmente la distancia entre dos pórticos.

La carga de la nieve en el terreno (s_k) se elige de forma manual con el fin de permitir el uso del generador de nieve con el Eurocódigo en el mayor de número de países posible. Utilice el anexo 1 de este documento o al anexo A del Eurocódigo como ayuda para poder determinar el valor más apropiado.

L'Eurocódigo prevé una pequeña carga puntual con el fin de tener en cuenta un aumento de nieve sobre los extremos. Usted es libre de tenerla en consideración o no, activando la casilla prevista a este efecto.

El coeficiente térmico y el coeficiente de exposición se han de tomar iguales a 1 por defecto. Sin embargo, para tener en cuenta situaciones particulares, puede variar estos valores.

Finalmente, hay un botón en la última línea que le permite hacer aparecer el cuadro de diálogo para la elección del caso de carga. Haciendo clic encima aparece la siguiente figura:

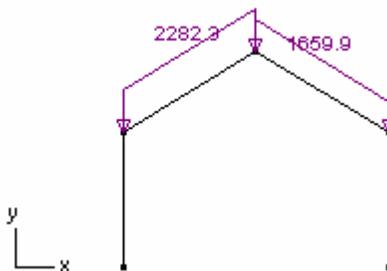


Con la ayuda de la parametrización de los tres casos sencillos, PowerFrame determinará lo más exactamente posible el caso más apropiado para los contornos más complejos.

Normalmente, la norma prevé que el edificio debe poder tener todos los casos posibles.

Una vez escogido el caso de carga, valide. Vuelva de nuevo a la ventana principal y valide igualmente.

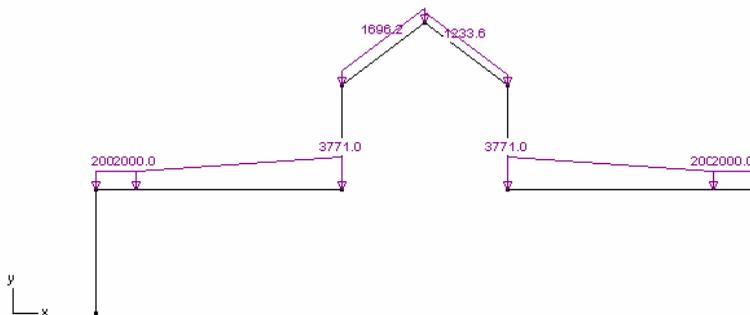
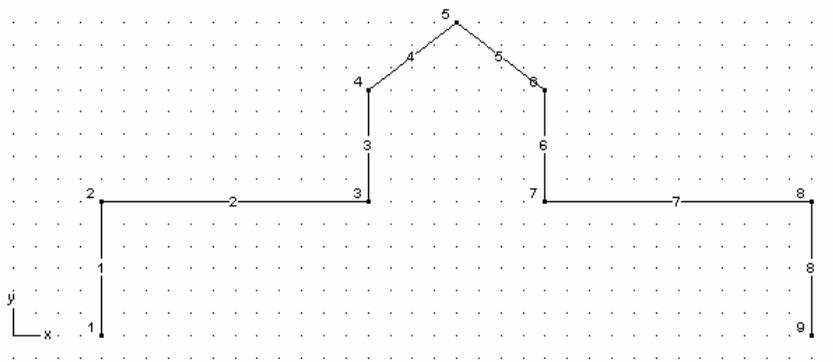
Para obtener los mismos resultados que aquí abajo, proceda de la misma manera que las figuras que se le proponen.

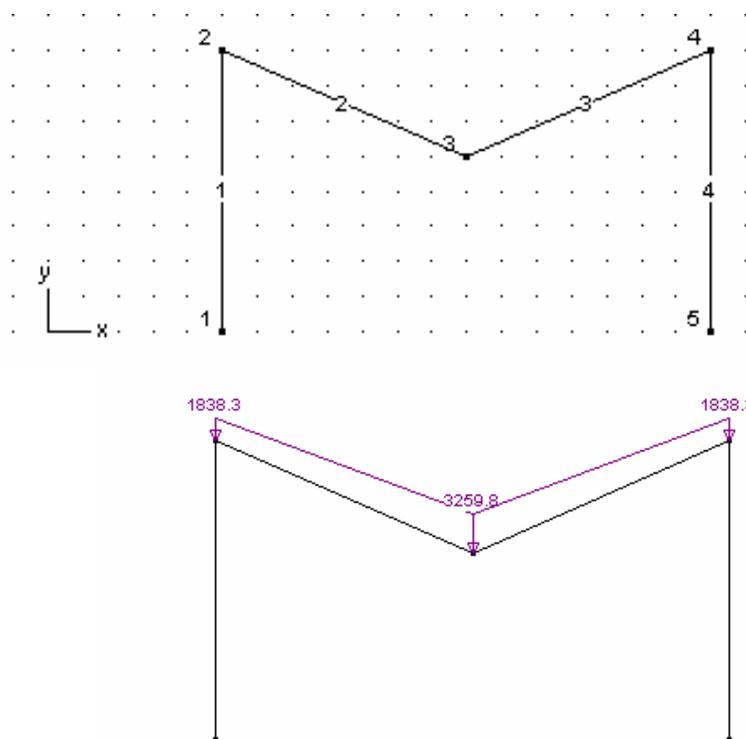


(las cargas repartidas están en Newton/metro)

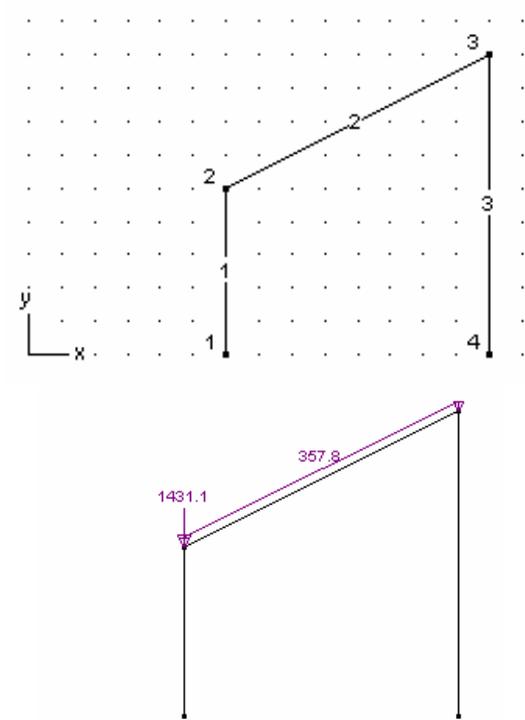
3.1.3.2 Otros ejemplos

Veamos ahora los resultados de otros contornos para los cuales la parametrización se ha hecho de manera idéntica al primer ejemplo:





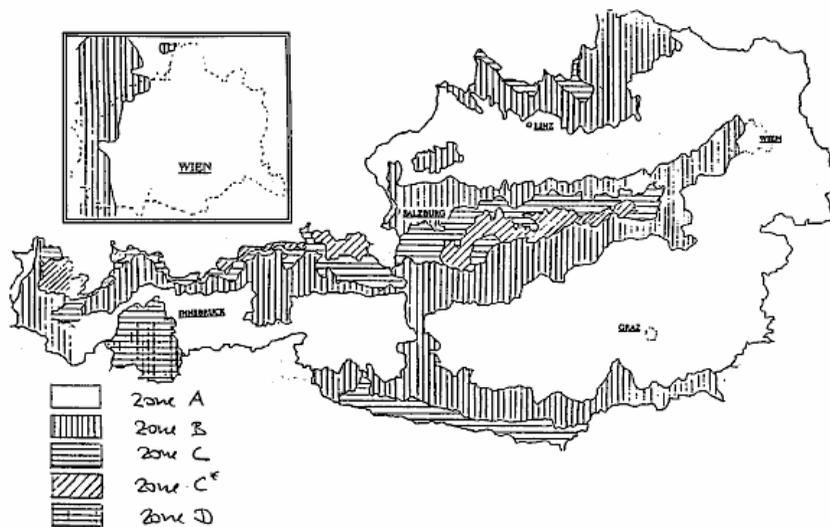
Veamos un último ejemplo cuya parametrización es idéntica a excepción del hecho que se activa la casilla que permite considerar la nieve que sobresale del extremo inferior de la cubierta y que se introduce la longitud recogida por el pórtico igual a 1m con el fin de ver mejor la fuerza puntual específica.



Todos los ejemplos que se han realizado fueron dibujados con barras simples. Sin embargo, si usted decide dividir una de ellas en varias partes, PowerFrame distribuirá automáticamente la carga global sobre las diferentes partes.

3.1.4 Mapas

3.1.4.1 Austria



Zona A

Altitud (m)	< 200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
s_k (kN/m ²)	0.75	0.85	1.00	1.20	1.45	1.75	2.10	2.55	3.00	3.50	4.05

Zona B

Altitud (m)	< 200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
s_k (kN/m ²)	1.55	1.55	1.60	1.75	2.00	2.30	2.65	3.10	3.65	4.25	4.95

Zona C

Altitud (m)	< 200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
s_k (kN/m ²)	-	-	2.15	2.35	2.70	3.10	3.60	4.20	4.95	5.75	6.65

Zona D

Altitud (m)	< 200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
s_k (kN/m ²)	-	-	-	-	1.00	1.20	1.45	1.75	2.10	2.50	3.00

3.1.4.2 Bélgica

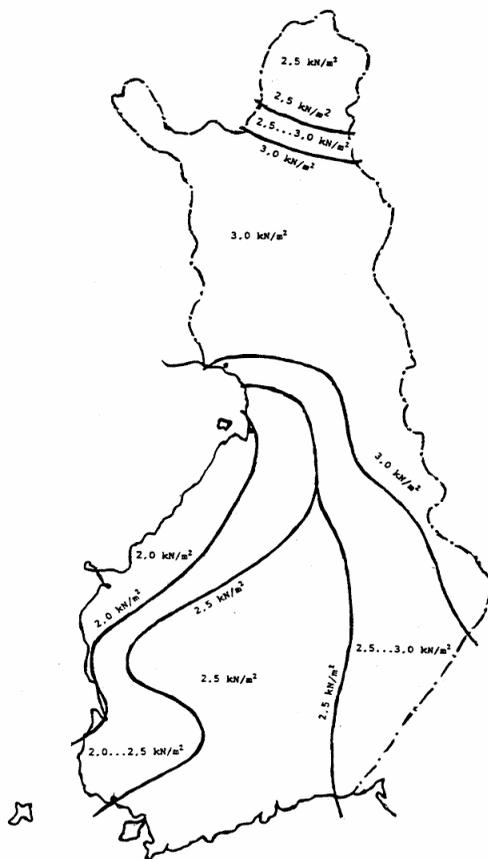
La carga característica de nieve en el terreno será calculada con las formulas siguientes:

$$s_k = 0.50 \quad (\text{kN/m}^2) \quad \text{altitud (m)} \quad A \leq 100$$
$$s_k = 0.50 + 0.007(A - 100)/6 \quad (\text{kN/m}^2) \quad \text{altitud (m)} \quad 100 < A \leq 700$$

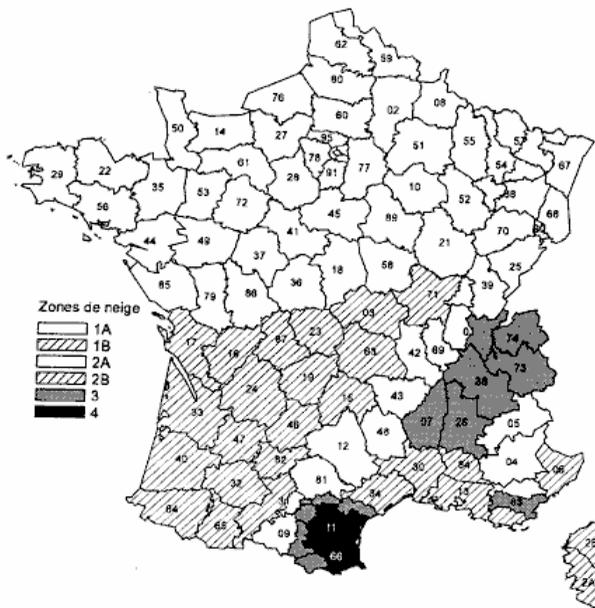
3.1.4.3 Dinamarca

La carga característica de nieve en el terreno vale $s_k = 1.0 \text{ kN/m}^2$.

3.1.4.4 Finlandia



3.1.4.5 Francia



	Zonas					
	1A	1B	2A	2B	3	4
s_k (kN/m ²)	0.45	0.45	0.55	0.55	0.65	0.90
s_A (kN/m ²)	-	1.00	1.00	1.35	1.35	1.80

Zona 1A:

Aisne, , Ardennes, Aube, Calvados, Charente-Maritime, Cher, Côte d'Or, Côtes d'Amor, Eure, Eure-et-Loire, Finistère, Ile et Viliane, Indre, Indre-et-Loire, Loi-et-Cher, Loire-Atlantique, Loiret, Maine-et-Loire, Manche, Marne, Haute-Marne, Mayenne, Meurthe-et-Moselle*, Meuse, Morbihan, Moselle*, Nièvre, Nord, Oise, Orne, Pas-de-Calais, Sarthe, Seine-Maritime, Deux-Sèvres, Somme, Vendée, Vienne, Vosges*, Yonne.
 Région Ile-de-France: Ville de Paris, Seine-et-Marne, Yvelines, Essonne, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne, Val d'Oise.

Zona 1B:

Allier, Alpes-Maritimes, Bouches-du-Rhône, Cantal, Corrèze, Haute-Corse, Corse-Sud, Creuse, Dordogne, Haute-Garonne, Gers, Gironde, Landes, Lot, Lot-et-Garonne, Puy-de-Dôme, Pyrénées-Atlantiques, Hautes-Pyrénées, Saône-et-Loire*, Tarn-et-Garonne, Var*, Haute-Vienne.

Zona 2A:

Ain, Alpes-Hautes-Provence, Hautes-Alpes, Ariège, Aveyron, Doubs, Jura, Loire, Haute-Loire, Lozère, Meurthe-et-Moselle*, Moselle*, Bas-Rhin, Haut-Rhin, Rhône, Haute-Saône, Saône-et-Loire*, Tarn*, Var*, Vosges*.

Zona 2B:

Gard, Hérault*, Vaucluse.

Zona 3:

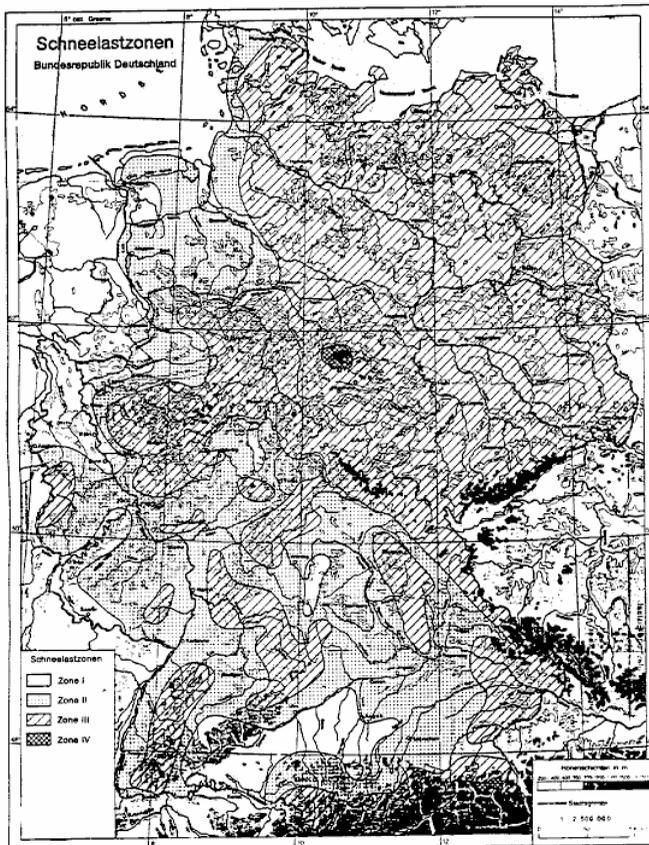
Ain*, Ardèche, Ariège*, Aude*, Drôme, Hérault*, Isère, Pyrénées-Orientales*, Savoie, Haute-Savoie, Tarn*, Var*, Belfort (Territoire).

Zona 4:

Aude*, Pyrénées-Orientales.

* para una parte del departamento.

3.1.4.6 Alemania



Zona I

Altitud (m)	> 200	300	400	500	600	700	800	900
1000								
s_k (kN/m ²)	1.13	1.13	1.13	1.13	1.28	1.58	1.88	2.25
2.70								

Zona II

Altitud (m)	> 200	300	400	500	600	700	800	900
1000								
s_k (kN/m ²)	1.13	1.13	1.13	1.35	1.73	2.25	2.78	3.45
4.20								

Zona III

Altitud (m)	> 200	300	400	500	600	700	800	900
1000								
s_k (kN/m ²)	1.13	1.13	1.50	1.88	2.40	3.00	3.83	
4.65	5.70							

Altitud (m)	1100	1200	1300	1400	1500
s_k (kN/m ²)	6.95	8.20	9.60	11.10	12.70

Zona VI

Altitud (m)	> 200	300	400	500	600	700	800	900
1000								
s_k (kN/m ²)	1.50	1.73	2.33	3.15	3.90	4.88	5.85	6.98
8.25								

Altitud (m)	1100	1200	1300	1400	1500
s_k (kN/m ²)	9.40	10.60	11.75	12.90	14.10

3.1.4.7 Grecia

Zona I :

altitud (m)	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
s_k (kN/m ²)	0,22	0,27	0,33	0,39	0,47	0,57	0,68	0,82	0,98	1,19

Zona II :

altitud (m)	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
s_k (kN/m ²)	0,44	0,52	0,62	0,73	0,86	1,01	1,19	1,41	1,67	1,97



3.1.4.8 Italia

Zona I

$s_k = 1.60$	kN/m^2	$A \leq 200 \text{ m}$
$s_k = 1.60 + 3 (A-200)/1000$	kN/m^2	$200 \leq A \leq 750 \text{ m}$
$s_k = 3.25 + 8.5 (A-750)/1000$	kN/m^2	$A > 750 \text{ m}$

Zona II

$s_k = 1.15$	kN/m^2	$A \leq 200 \text{ m}$
$s_k = 1.15 + 2.6 (A-200)/1000$	kN/m^2	$200 \leq A \leq 750 \text{ m}$
$s_k = 2.58 + 8.5 (A-750)/1000$	kN/m^2	$A > 750 \text{ m}$

Zona III

$s_k = 0.75$	kN/m^2	$A \leq 200 \text{ m}$
$s_k = 0.75 + 2.2 (A-200)/1000$	kN/m^2	$200 \leq A \leq 750 \text{ m}$
$s_k = 1.96 + 8.5 (A-750)/1000$	kN/m^2	$A > 750 \text{ m}$



3.1.4.9 Luxemburgo

La carga característica de nieve en el terreno se calcula con las siguientes fórmulas:

$$s_k = 0.50 \quad (\text{kN/m}^2)$$

altitud (m) $A \leq 100$

$$s_k = 0.50 + 0.007 (A - 100)/6 \quad (\text{kN/m}^2)$$

altitud (m) $100 < A \leq 700$

3.1.4.10 Países Bajos

Se toma siempre como valor $s_k = 0.70 \text{ kN/m}^2$.

3.1.4.11 Portugal

Para las regiones siguientes: Viana do Castelo, Braga, VilaReal, Bragança, Porto, Aveiro, Viseu, Guarda, Coimbra, Leiria, Castelo Branco, Portalegre, y para una altitud superior a 200m, se toma:

$$s_k = (A - 50)/400 \quad \text{kN/m}^2.$$

En otras regiones no es necesario tener en cuenta la nieve.

3.1.4.12 España

Zona I

Altitud (m) :	200	400	500	600	700	800	900	1000	1100
	1200	1300							
s_k en kN/m^2 :	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.6	0.7	1.1	1.6
	1.8	1.9							

Altitud (m) :	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
s_k en kN/m^2 :	2.2	3.2	3.8	4.5	5.3	6.3	7.4

Zona II

Altitud (m) :	200	400	500	600	700	800	900	1000	1100
	1200	1300							
s_k en kN/m^2 :	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	1.0	1.1	1.7	1.9
	2.1	2.4							

Altitud (m) :	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
s_k en kN/m^2 :	2.6	3.6	4.0	4.5	5.0	5.6	6.2

Zona III

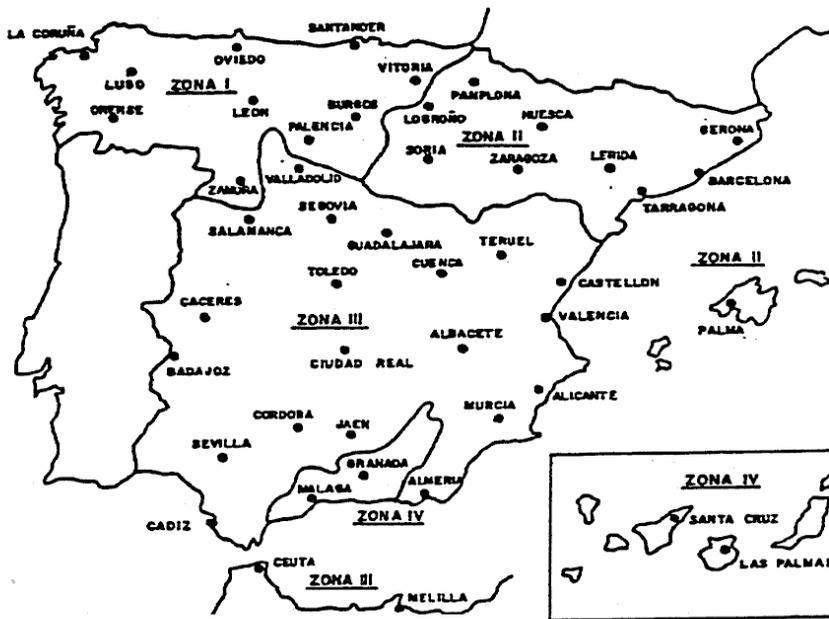
Altitud (m) :	200	400	500	600	700	800	900	1000	1100
	1200	1300							
s_k en kN/m^2 :	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.6	0.9	1.0
	1.2	1.4							

Altitud (m) :	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
s_k en kN/m^2 :	1.6	2.2	2.6	3.0	3.5	4.1	4.8

Zona IV

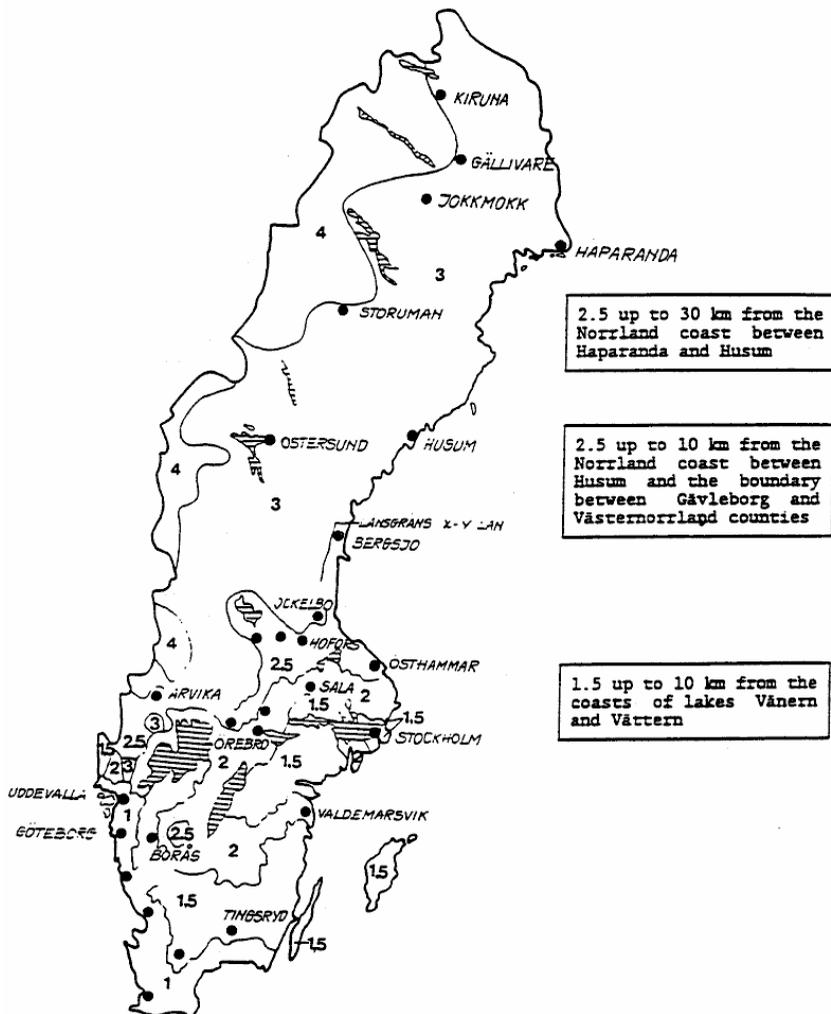
Altitud (m) :	200	400	500	600	700	800	900	1000	1100
	1200	1300							
s_k en kN/m^2 :	0	0	0	0	0	0	0	0.9	1.0
	1.2	1.4							

Altitud (m) :	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
s_k en kN/m^2 :	1.6	2.2	2.6	3.0	3.5	4.1	4.8



3.1.4.13 Suecia

Zona de nieve:	4	3	2.5	2	1.5	1
s_k (kN/m ²):	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0



3.1.4.14 Suiza

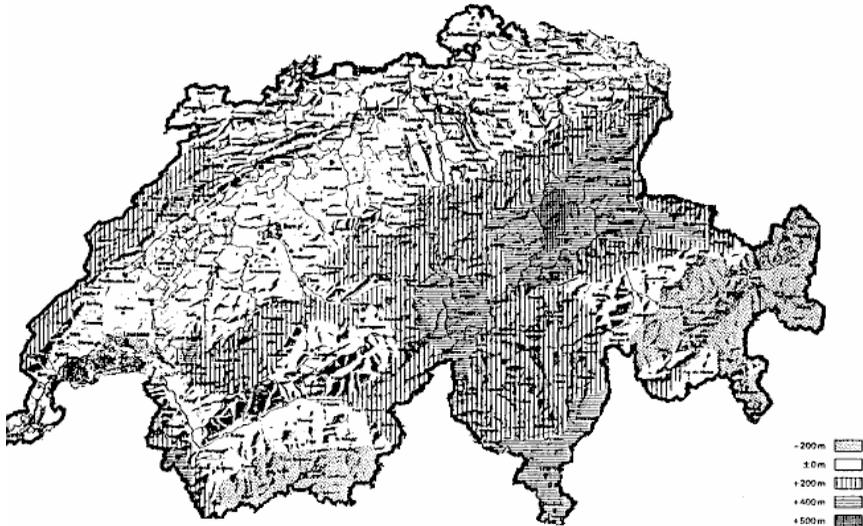
Para una altitud de menos de 1500m

$$s_k = 0.4 \cdot \left[1.0 + \left(\frac{A_{ref}}{350} \right)^2 \right] \text{ kN/m}^2$$

en la cual

s_k es la carga de nieve en el terreno con un valor mínimo de 0.9 kN/m².

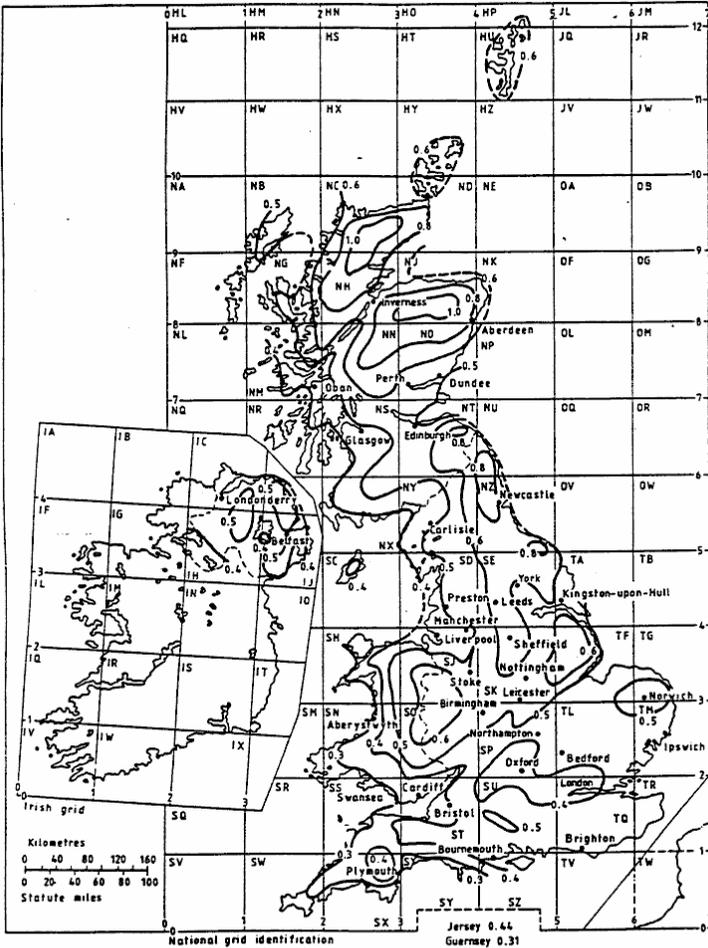
A_{ref} es la altitud de referencia del mapa



3.1.4.15 Reino Unido

$$S_k = S_b + (0.1 S_b + 0.09)(A - 100)/100 \quad (\text{kN/m}^2).$$

Con S_b procedente del mapa.



NOTE 1: Basic snow load on the ground, S_b , kN/m^2 .
 NOTE 2: Ground level is assumed to be 100m above mean sea level.