



Carrera de Arquitectura
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Cuyo

DISEÑO ESTRUCTURAL I

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

Eduardo Totter



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
INGENIERÍA

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CARGAS

Las cargas actuantes sobre una estructura son fuerzas de diversas clases que resultan del **peso** de todos los **materiales** de construcción, del peso y actividad de sus **ocupantes** y del peso del **equipamiento**.

También se incluyen los efectos **ambientales**, tales como **nieve**, **viento**, **hielo**, **sismo**, etc., los movimientos **diferenciales** de los vínculos de la estructura y los efectos originados por variaciones dimensionales **restringidas**.

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

EFECTO de las ACCIONES ACTUANTES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

Las cargas actuantes sobre una estructura provocan sobre la misma un determinado patrón de **Deformaciones**

Los estados deformados de la estructura están asociados a la generación de: **Solicitaciones**

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS

Existen diversos criterios de clasificación.

Cargas PERMANENTES: **NO** presentan variación temporal, o bien la misma es de pequeña magnitud.

Cargas VARIABLES: todas aquellas cargas no incluidas en las anteriores. Las cargas variables **modifican** sus características a lo largo de la vida útil de la estructura.

Cargas ACCIDENTALES: son aquellas cargas variables, que presentan una **probabilidad** de ocurrencia **muy baja**, y se generan en un tiempo de aplicación muy pequeño.

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

REGLAMENTOS



CIRSOC 101

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CARGAS PERMANENTES

Cargas permanentes: Cargas en las cuales las variaciones a lo largo del tiempo son raras o de pequeña magnitud y tienen un tiempo de aplicación prolongado. En general, consisten en el peso de todos los materiales de construcción incorporados en el edificio, incluyendo pero no limitado a paredes, pisos, techos, cielorrasos, escaleras, elementos divisorios, terminaciones, revestimientos y otros items arquitectónicos y estructurales incorporados de manera similar, y equipamiento de servicios con peso determinado.

Definición CIRSOC 101 de Cargas Permanente

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CARGAS PERMANENTES

Las cargas **PERMANENTES**, se denominan además **CARGAS MUERTAS (D)**, provienen de la consideración de:

Peso propio de la **estructura**

Peso propio de componentes **no estructurales**

Equipamientos y máquinas **fijas** a la estructura

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CARGAS PERMANENTES

Las cargas **PERMANENTES**, pueden en general estimarse con precisión. Las herramientas que ayudan al diseñador en la tarea, son básicamente:

Reglamentos y Normas de aplicación

Herramientas de **predimensionamiento**

Bibliografía **Técnica**

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CARGAS PERMANENTES

3.1. CARGAS PERMANENTES

3.1.1. Cuando se determinen las cargas permanentes con propósito de diseño, se deben usar los pesos reales de los materiales y elementos constructivos. En ausencia de información fehaciente, se usarán los valores que se indican en el presente Reglamento.

3.1.2. Las cargas permanentes se obtendrán multiplicando los volúmenes o superficies considerados en cada caso, por los correspondientes pesos unitarios que se indican en la Tabla 3.1. para los materiales y conjuntos funcionales de construcción y en la Tabla 3.2. para otros materiales de construcción y almacenables diversos.

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CARGAS PERMANENTES – VALORES CIRSOC 101. EJEMPLOS

Elemento	Peso unitario kN/m ² ⁽¹⁾	Peso unitario kN/m ³ ⁽¹⁾
Cielorraso de plaquetas de yeso, montadas sobre armadura de aluminio	0,20	
Mezcla de cemento, cal, arena, con material desplegado	0,50	
Yeso con metal desplegado	0,18	
• Cubiertas		
Chapa ondulada de fibra orgánica, sin estructura sostén	0,03	
Chapa acanalada de sección ondulada o trapezoidal de aluminio sin estructura de sostén		
0,6 mm de espesor (onda chica)	0,025	
0,8 mm de espesor (onda grande)	0,03	
1,0 mm de espesor (onda grande)	0,04	
Chapa acanalada de perfil ondulado o trapezoidal de acero zincado o aluminizado		
0,4 mm de espesor	0,04	
0,7 mm de espesor	0,07	
1,0 mm de espesor	0,10	
Chapa de cobre de 0,6 mm de espesor, sobre entablonado, incluido éste	0,25	
Chapa de zinc de 0,7mm de espesor, sobre entablonado, incluido éste	0,25 (*)	
Chapa de plástico reforzado, espesor 1,5 mm sobre enlistonado incluido éste	0,15	
Cubierta impermeabilizante con base de tela o cartón asfáltico de siete capas	0,10	

CIRSOC 101

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CARGAS PERMANENTES – VALORES EJEMPLOS CIRSOC 101

Elemento	Peso unitario kN/m ² ⁽¹⁾	Peso unitario kN/m ³ ⁽¹⁾
Teja de pizarra artificial, sobre entablonado, incluido éste	0,45 ⁽¹⁾	
Teja de vidrio, sin estructura sostén	0,45	
<ul style="list-style-type: none"> Hormigones Hormigón de cemento pórtland, arena y canto rodado o piedra partida sin amar armado 		23,5 25
Hormigón de cemento pórtland, arena y agregado basáltico		25
Hormigón de cemento pórtland, arena y cascote		18
Hormigón de cemento pórtland, arena y mineral de hierro		36
Hormigón de cemento pórtland, arena y arcilla expandida		8 a 20
Hormigón de cal, arena y cascote		16
Hormigón con agregado de poliestireno de alta densidad		5 a 12
<ul style="list-style-type: none"> Ladrillos y Bloques ⁽²⁾ Bloque de mortero de cemento celular Bloque hueco de hormigón 		6,5 14

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CARGAS PERMANENTES – EJEMPLOS DE APLICACIÓN

La determinación de las cargas permanentes se realiza según el tipo de miembro estructural o componente de la construcción que se analiza.

Ejemplo: Peso propio de un viga de acero

Peso específico del acero: 77 kN/m^3

Área de la sección: $5500 \text{ mm}^2 = 0.0055 \text{ m}^2$

Longitud de la viga: 5.0 m

a. Peso por unidad de longitud de la viga

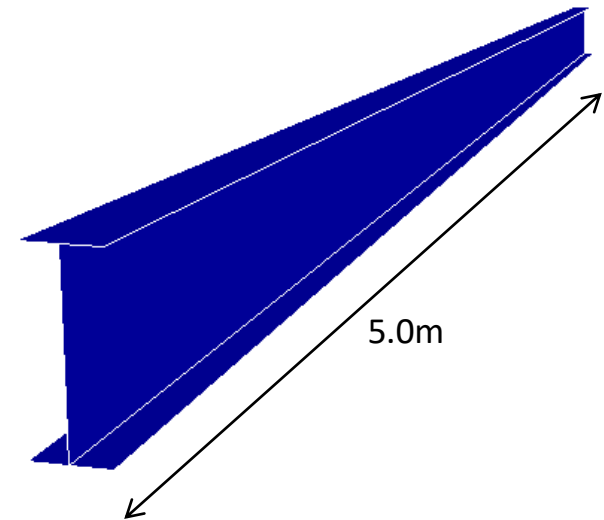
Área de la sección x peso específico del material

$$D = 0.0055 \text{ m}^2 \times 77 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{0.42 \text{ kN/m}}$$

b. Peso total de la viga

Peso por unidad de longitud x longitud de la viga

$$D = 0.42 \text{ kN/m} \times 5.0\text{m} = \mathbf{2.1 \text{ kN}}$$



ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CARGAS PERMANENTES

La determinación de las cargas permanentes se realiza según el tipo de miembro estructural o componente de la construcción que se analiza.

Ejemplo: Peso de una losa de hormigón armado

Peso específico del hormigón armado: 24 kN/m^3

Espesor de la losa: $100 \text{ mm} = 0.10 \text{ m}$

Dimensiones de la losa: $5.0 \text{ m} \times 4.0 \text{ m}$

a. Peso por unidad de superficie

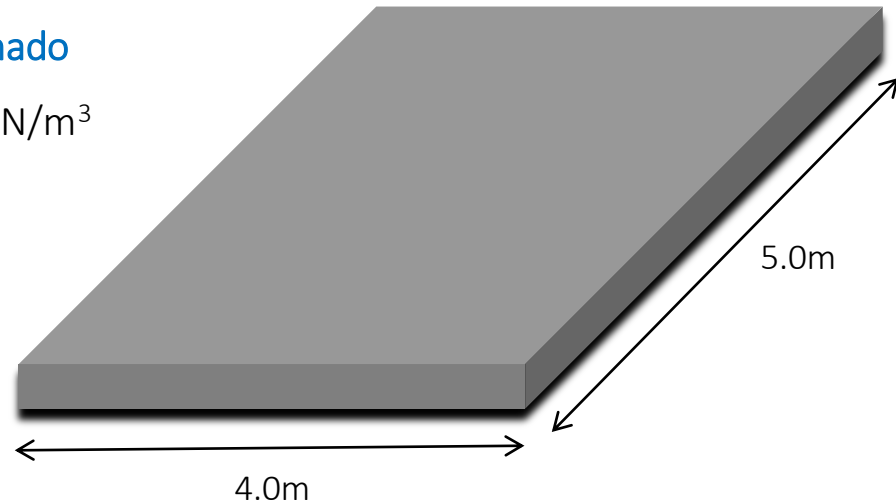
espesor x peso específico del material

$$D = 0.10 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{2.40 \text{ kN/m}^2}$$

b. Peso total

Peso por unidad de superficie x área

$$D = 2.40 \text{ kN/m}^2 \times 5.0 \text{ m} \times 4.0 \text{ m} = \mathbf{48 \text{ kN}}$$

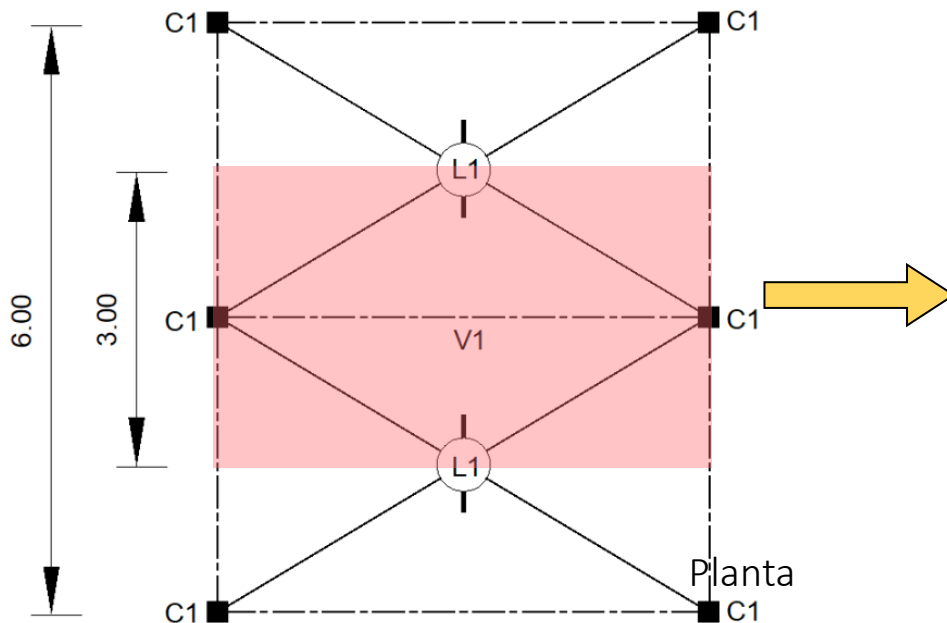


ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

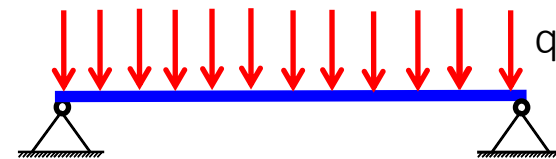
CARGAS PERMANENTES

Aplicación de cargas para el cálculo

Ejemplo de aplicación considerando un entrepiso con vigas que apoyan sobre columnas (como se indica en la figura). El peso del entrepiso (carga D) es de 3.0 kN/m^2 y queremos determinar la carga q (en kN/m) que debe resistir la viga V1:



$$q = 3.0 \text{ kN/m}^2 \cdot 3.0 \text{ m} = 9.0 \text{ kN/m}$$



Esquema de cálculo de la viga V1

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CARGAS VARIABLES

Las cargas vivas o sobrecargas (**L**) surgen como resultado del uso de la construcción según su **destino**. Como ejemplo mencionamos las cargas que originan los ocupantes de una oficina o los vehículos sobre un puente o las estanterías con libros de una biblioteca.

Las **cargas vivas (L)** presentan una probabilidad de variación en el tiempo mayor que las cargas permanentes.

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CARGAS VARIABLES

Las cargas vivas las especifican los reglamentos. Usualmente se expresan como cargas por unidad de **superficie** (kN/m^2) y se encuentran tabuladas según el destino de la construcción. En algunos casos particulares también pueden expresarse como cargas distribuidas **linealmente** (kN/m) o como cargas **concentradas** (kN). Estas cargas son **valores mínimos** a considerar en el cálculo estructural.

Es importante destacar que en el análisis de cargas se considera que las cargas distribuidas tienen un valor **uniforme** lo cual no es estrictamente cierto, sino que representa una simplificación. En la realidad estas cargas presentan variaciones en distintas zonas de la superficie donde actúan.

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CARGAS VARIABLES

4.1. CARGAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDAS

4.1.1. Las sobrecargas usadas en el diseño de edificios y otras estructuras serán las máximas esperadas para el destino deseado en la vida útil de la construcción, pero en ningún caso deben ser menores que las cargas mínimas uniformemente distribuidas requeridas en la Tabla 4.1.

4.2. CARGAS CONCENTRADAS

Los pisos y otras superficies similares se deben diseñar para soportar con seguridad las cargas uniformemente distribuidas prescriptas en el artículo 4.1 o la carga concentrada en kN dada en Tabla 4.1., la que produzca las mayores solicitaciones. A menos que se especifique de otra manera, se debe suponer que la carga concentrada indicada se distribuirá uniformemente sobre un área cuadrada de 0,75 m de lado (0,56 m²) y estará localizada de manera tal de producir los máximos efectos de carga en los elementos estructurales.

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CARGAS VARIABLES

TABLA 4.1. Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas y sobrecargas mínimas concentradas

Destino	Uniforme (kN/m ²)	Concentrada (kN)
Archivos	7 (5)	
Azoteas y terrazas donde pueden congregarse personas azoteas accesibles privadamente azoteas inaccesibles	5 3 1	
Balcones viviendas en general casas de 1 y 2 familias, no excediendo 10 m ² otros casos	5 3 artículo 4.12.	

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CARGAS VARIABLES

Destino	Uniforme (kN/m ²)	Concentrada (kN)
Baños viviendas otros destinos	2 3	
Bibliotecas salas de lectura salas de almacenamiento de libros corredores en pisos superiores a planta baja corredores en planta baja	3 7 ⁽⁵⁾ 4 5	4,5 4,5 4,5 4,5
Bowling, billar y áreas recreacionales similares	4	
Cielorrasos con posibilidad de almacenamiento áreas de almacenamiento liviano áreas de almacenamiento ocasional accesibles con fines de mantenimiento	(1) 1 0,5	1
Cocinas viviendas otros destinos	(5) 2 4	

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CARGAS VARIABLES

4.6. CARGAS DE IMPACTO

Se supondrá que las cargas especificadas en los artículos 4.1.1 y 4.3.2 incluyen condiciones de impacto habituales. Para destinos que involucren vibraciones y/o fuerzas de impacto inusuales, se tomarán recaudos en el diseño estructural.

4.6.1. Maquinaria

A los efectos de considerar el impacto, los valores de las cargas de las maquinarias se deben incrementar como mínimo en los siguientes porcentajes:

1. maquinaria de ascensor	100%
2. maquinaria liviana, funcionando con motor o por eje	20%
3. maquinaria de movimiento alternativo o unidades impulsadas con fuerza motriz	50%
4. colgantes para pisos o balcones,	33%

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CARGAS VARIABLES

4.9. SOBRECARGAS MÍNIMAS PARA CUBIERTAS

4.9.1. Cubiertas planas, horizontales o con pendiente y curvas

Las cubiertas comunes planas, horizontales o con pendiente y curvas se diseñarán para las sobrecargas especificadas en la ecuación (4.2.) u otras combinaciones de cargas de control fijadas en los reglamentos específicos de cada material, aquella que produzca las mayores solicitaciones. En estructuras tales como invernaderos, donde se usa andamiaje especial como superficie de trabajo para obreros y materiales durante las operaciones de reparación y mantenimiento, no se podrá usar una carga de cubierta menor que la especificada en la ecuación (4.2) a menos que la apruebe la autoridad bajo cuya jurisdicción se realiza la obra.

$$L_r = 0,96 R_1 R_2 \quad \text{siendo} \quad 0,58 \leq L_r \leq 0,96 \quad (4.2)$$

donde:

L_r sobrecarga de cubierta por metro cuadrado de proyección horizontal en kN/m^2

Los factores de reducción R_1 y R_2 se determinarán como sigue:

$$\begin{array}{ll} R_1 = 1 & \text{para } A_t \leq 19 \text{ m}^2 \\ R_1 = 1,2 - 0,01076 A_t & \text{para } 19 \text{ m}^2 < A_t < 56 \text{ m}^2 \\ R_1 = 0,6 & \text{para } A_t \geq 56 \text{ m}^2 \end{array}$$

donde:

A_t área tributaria (ver comentarios artículo 4.8.1) en metros cuadrados soportada por cualquier elemento estructural y

$$\begin{array}{ll} R_2 = 1 & \text{para } F \leq 4 \\ R_2 = 1,2 - 0,05 F & \text{para } 4 < F < 12 \\ R_2 = 0,6 & \text{para } F \geq 12 \end{array}$$

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CARGAS VARIABLES

Reducción de las cargas vivas

Las cargas distribuidas utilizadas en el cálculo de un determinado miembro estructural pueden reducirse cuando el área tributaria excede un cierto valor (según el tipo de miembro este límite para aplicar la reducción varía desde 37.2 a 148.6 m²).

Las cargas reducidas se denominan cargas vivas nominales, $L = r_L L_o$

donde r_L es un factor de reducción de carga.

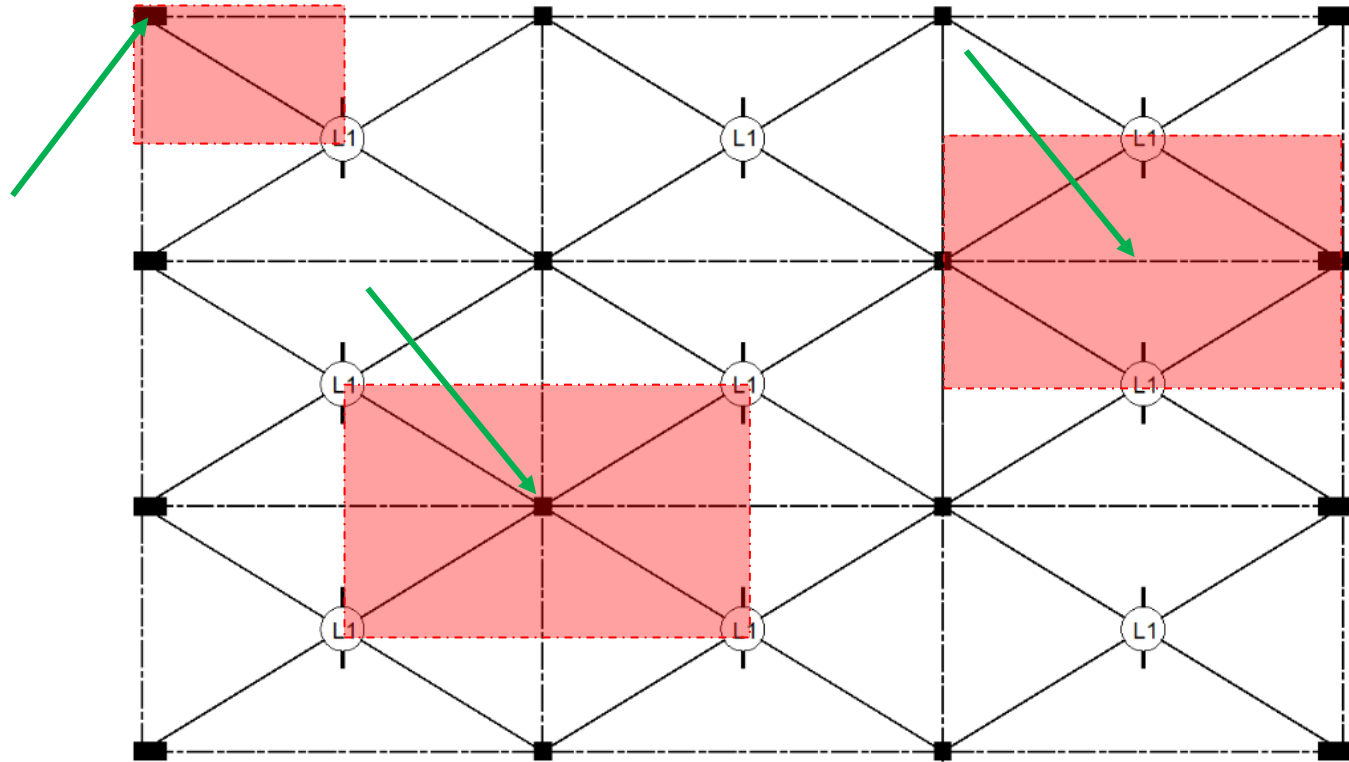
Las cargas de uso cuyo valor excede 4.79 kN/m² no pueden reducirse.

El área tributaria, A_T , puede definirse como la superficie cuya carga es soportada por el miembro estructural bajo estudio (en la próxima diapositiva se muestran ejemplos del área tributaria para distintos miembros estructurales).

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

Área tributaria

En la figura de esta diapositiva se puede ver el área tributaria para tres miembros estructurales del ejemplo.



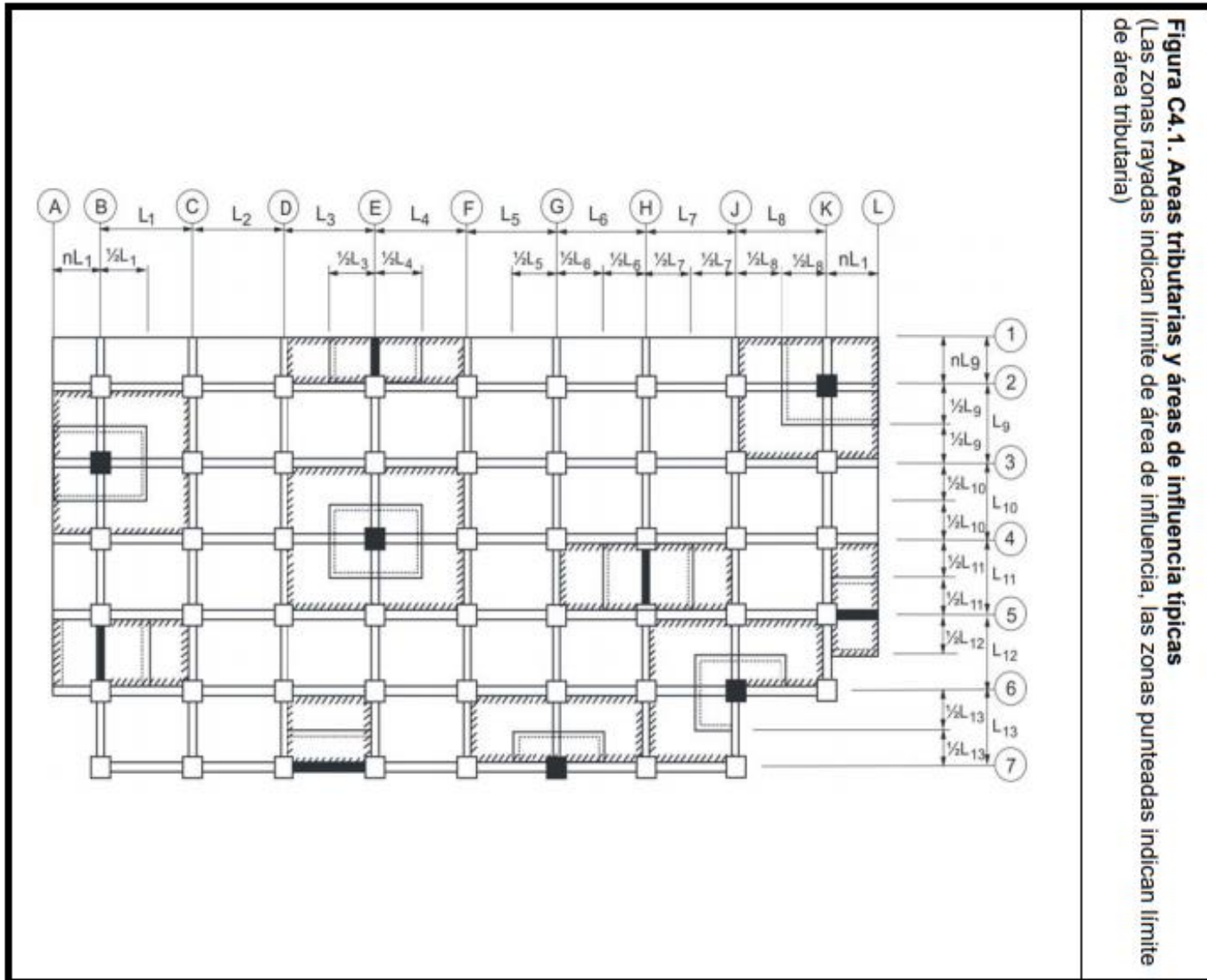
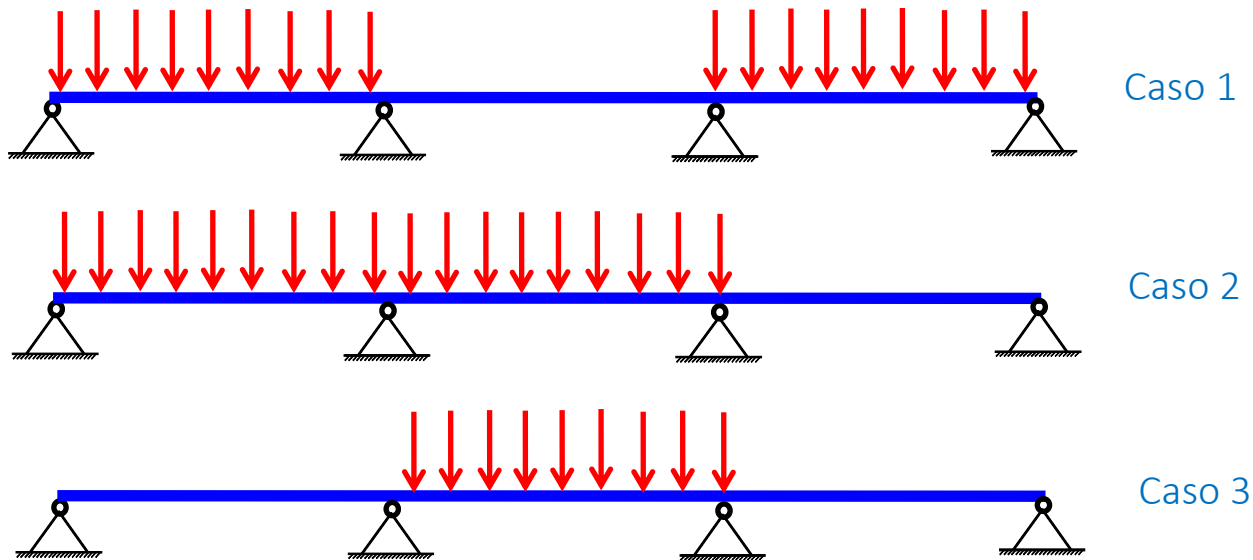


Figura C4.1. Áreas tributarias y áreas de influencia típicas
(Las zonas rayadas indican límite de área de influencia, las zonas punteadas indican límite de área tributaria)

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

Carga parcial

Las cargas vivas, por ser cargas variables, pueden actuar en forma parcial sobre ciertas partes de la estructura. Es por ello que los reglamentos requieren considerar, según el caso, distintos esquemas de carga parcial de modo de obtener el efecto más desfavorables en la estructura (ya sea en términos de sollicitaciones o de deformaciones). Por ejemplo, para el cálculo de una viga de 3 tramos se deberían considerar los tres estados indicados en la figura.



ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

NIEVE

Aspectos generales

La nieve es una carga ambiental cuya determinación a los efectos del cálculo estructural depende de varios factores. Desde el punto de vista estructural es necesario estimar la acumulación de nieve que puede producirse sobre la construcción y así calcular el peso de dicha acumulación.

Factores a considerar:

- Ubicación geográfica de la construcción.
- Características de la cubierta o superficie donde se puede acumular nieve.
- Características del entorno que pueden afectar la acumulación de nieve.

La metodología para considerar estos aspectos en el cálculo de la carga de nieve depende de cada reglamento .

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

NIEVE – REGLAMENTO CIRSOC 104



ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

NIEVE

1.4. DEFINICIONES

Cubierta plana: A los fines de este Reglamento se definen como cubiertas planas a aquellas que presentan una pendiente $\leq 5^\circ$.

Cubierta con baja pendiente: A los fines de este Reglamento se definen como cubiertas con baja pendiente a aquellas cubiertas que presentan una pendiente $\leq 15^\circ$.

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

NIEVE

Carga de nieve – Factor de importancia

La evaluación reglamentaria de la carga de nieve sobre las construcciones considera un factor de importancia, el cual se obtiene de tablas (con valores comprendidos entre 0.8 y 1.2 según la categoría de la construcción).

El factor de importancia afecta directamente el valor de diseño de la carga de nieve, según se indica en el Reglamento respectivo.

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

VIENTO

De acuerdo a la forma en que la atmósfera recibe energía del sol, la masa de aire atmosférico que se encuentra mas cercana a la superficie terrestre, se encuentre a mayor temperatura. Dicha temperatura desciende a medida que aumenta la altura considerada sobre dicha superficie.

De esta manera aspectos como la radiación solar, la radiación atmosférica y la radiación terrestre, influyen sobre la distribución de temperaturas del aire, lo que junto con una multiplicidad de factores como son los contenidos de humedad, los fenómenos hidrodinámicos atmosféricos, las distribuciones de presión atmosférica y los fenómenos de conducción térmica, configuran un panorama muy complejo que da lugar a circulaciones de aire.

Dicho movimiento de masa de aire entre distintos puntos del planeta es lo que se conoce como **viento atmosférico**

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

VIENTO

En primer lugar, se debe remarcar que el viento atmosférico es un fenómeno turbulento, es decir la velocidad del aire no posee condiciones constantes espaciales ni temporales.

En general a nivel de diseño y para ciertos tipos de análisis es suficiente conocer e vamos de **velocidad media del viento V_m**

Los valores de velocidad media siempre deben estar acompañados del tiempo para el cual se determinó dicho valor, el cual debe ser adecuadamente representativo.

También es necesario definir la altura a la cual se ha considerado dicha velocidad, ya que como se verá, existe un determinado perfil de variación en altura. La altura típica a partir de la cual las diversas normas consideran las velocidades medias, suele ser de 10m sobre la altura del terreno.

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

VIENTO

El viento provoca sobre las estructuras que se encuentran sometidas a su acción una determinada configuración de fuerzas distribuidas que se producen sobre las superficies de la misma en forma perpendicular a dichos planos.

Puede ser una presión positiva o simplemente presión o presión negativa llamada comúnmente succión.

La determinación de dichas presiones se rige por el Reglamento **CIRSOC 102**



ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

VIENTO

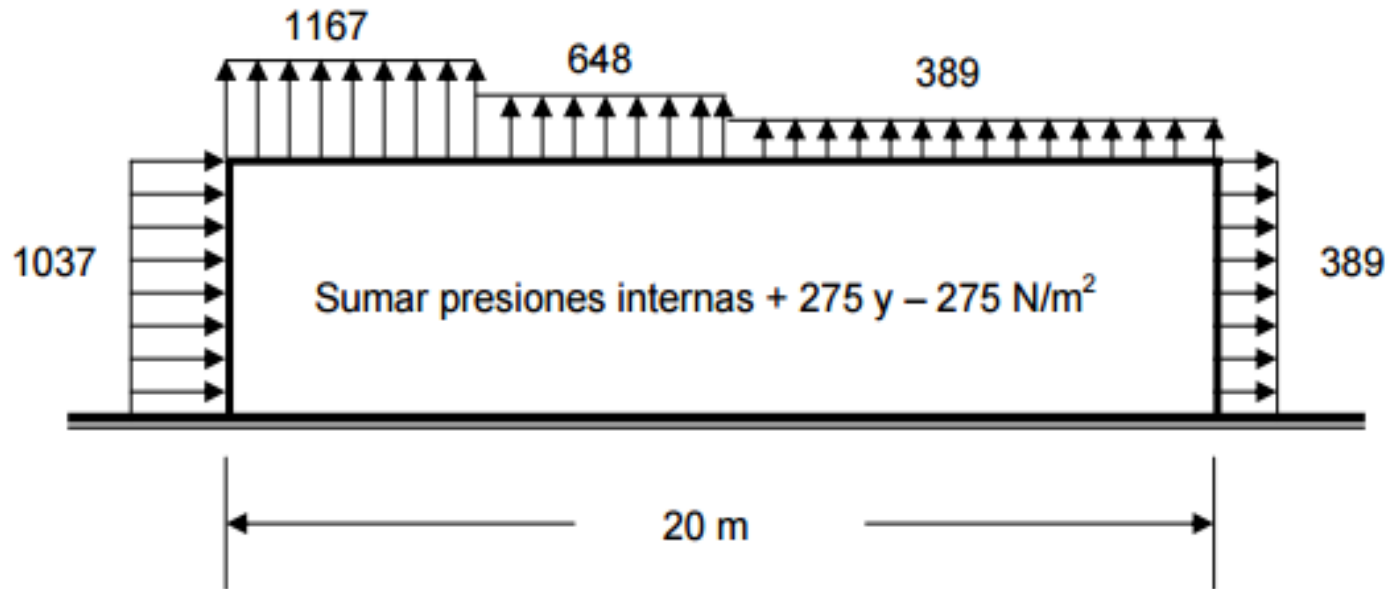


Figura 3.2. Presiones de diseño en N/m^2 para el SPRFV cuando el viento es normal a la pared de 10 m.

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

RESISTENCIA REQUERIDA – RESISTENCIA DE DISEÑO

Resistencia de diseño \geq Resistencia requerida

$$\phi \cdot S_n \geq U$$

donde

- U = Resistencia requerida. Se obtiene por combinación de los efectos de las cargas mayoradas. En general se la calcula a partir de combinaciones de sollicitaciones calculadas para cargas mayoradas por lo que un mismo grupo de cargas puede dar lugar a diferentes resistencias requeridas.
- S_n = Resistencia nominal. Es la resistencia teórica obtenida para los valores especificados de resistencia de los materiales.
- ϕ = Factor de reducción de la resistencia. Se trata de un coeficiente que adopta diferentes valores (entre 0,90 y 0,65). El valor de ϕ tiene en consideración varias situaciones, entre ellas la ductilidad prevista para la rotura. A mayor ductilidad prevista, mayor valor de ϕ .

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

COMBINACIÓN DE CARGAS

El CIRSOC 201-2005, artículo 9.2.1, exige, para estados que no incluyan la acción de sismos, el estudio de las siguientes combinaciones de efectos de cargas y/o acciones mayoradas:

- $U = 1,4 \cdot (D + F)$ (9-1)
- $U = 1,2 \cdot (D + F + T) + 1,6 \cdot (L + H) + 0,5 \cdot (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$ (9-2)
- $U = 1,2 \cdot D + 1,6 \cdot (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (f_1 \cdot L \text{ ó } 0,8 \cdot W)$ (9-3)
- $U = 1,2 \cdot D + 1,6 \cdot W + f_1 \cdot L + 0,5 \cdot (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$ (9-4)
- $U = 0,9 \cdot D + 1,6 \cdot W + 1,6 \cdot H$ (9-6)



$$U = 1.2D + 1.6L$$

donde

- D = Cargas permanentes o las solicitaciones producidas por ellas
- F = Cargas debidas al peso y presión de fluidos con densidades y presiones bien definidas y alturas máximas controlables o las solicitaciones producidas por ellas
- H = Cargas debidas al peso y presión lateral del suelo, del agua en el suelo u otros materiales o las solicitaciones producidas por ellas
- L = Sobrecargas o las solicitaciones producidas por ellas
- L_r = Sobrecargas en las cubiertas o las solicitaciones producidas por ellas
- R = Cargas provenientes de la lluvia o las solicitaciones producidas por ellas
- S = Cargas de nieve o las solicitaciones producidas por ellas