

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA - FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO			
	Cátedra: <b>ESTRUCTURAS – NIVEL 1</b>		
	Taller: VERTICAL III – DELALOYE - NICO - CLIVIO		
	<b>Guía de Estudio N° : Cargas en las Estructuras</b>		
Curso 2009	Elaboró: Profesor Ing. Horacio A. Delaloye	Revisión: 1	Fecha: Mayo 2009

## 1. Introducción:

Estas líneas tienen por finalidad brindar material de apoyo a los estudiantes de la asignatura Estructuras del Taller Vertical 3 – DNC, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNLP.

Por su carácter general tiene validez para los cuatro niveles del Taller.

Mediante una breve introducción, algunas definiciones y comentarios sobre los tipos de acciones que normalmente inciden sobre las estructuras, fundamentalmente de edificios, se trata de transmitir algunos conceptos que consideramos importantes.

Luego se pasa a detallar los Reglamentos aplicables en la determinación de las distintas acciones, introduciendo los links necesarios para poder determinar las mismas y así cumplimentar los trabajos prácticos.

Finalmente, mediante ejemplos concretos (en preparación), pretendemos aclarar el uso de la Normativa Nacional vigente.

La acción de la gravedad, de agentes climáticos y fenómenos naturales (viento, sismo, nieve, lluvia, temperatura, etc.) o producidos por el hombre (explosiones, choques de embarcaciones, vehículos, aviones, etc.) generan cargas o acciones sobre las estructuras.

Existen varias formas de clasificar las acciones, preferimos utilizar aquellas similares a las indicadas en la Reglamentación CIRSOC de uso en nuestro País.

En tal sentido definiremos los términos más usados relacionados con las cargas permanentes y las sobrecargas de proyecto.

**2. Definiciones:** (Se transcriben las definiciones que da el CIRSOC, con algunos comentarios)

Cargas: Fuerzas que resultan del peso de todos los materiales de construcción, del peso y actividad de sus ocupantes y del peso del equipamiento. También de efectos ambientales y climáticos tales como nieve, viento, etc.

Cargas nominales: La magnitud de las cargas permanentes y sobrecargas, por ejemplo las cargas de peso propio se determinan a través del peso de los materiales computando volumen y densidad, utilizando tablas de especificación del fabricante, etc. Los valores de densidades y sobrecargas en general están especificados.

Coacciones: Esfuerzos internos originados por deformación diferida, retracción de fraguado, variación de temperatura, cedimiento de vínculos, etc. Sólo se producen en estructuras hiperestáticas.

Cargas o acciones permanentes D (Dead): 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 ítems arquitectónicos y estructurales incorporados de manera similar, y equipamiento de servicios con peso determinado.

Sobrecargas o acciones variables L (Live): Son aquellas originadas por el uso y ocupación de un edificio u otra estructura, que pueden variar durante la vida útil de la estructura y no incluye cargas debidas a la construcción o provocadas por efectos ambientales, tales como nieve, viento, acumulación de agua, sismo, etc. Las sobrecargas en cubiertas son aquellas producidas por materiales, equipos o personal durante el mantenimiento, y por objetos móviles o personas durante la vida útil de la estructura.

Acciones originadas por el medio ambiente : Originadas por fenómenos naturales como el viento W (Wind), Nieve S (Snow), hielo, temperatura, Sismo E(Earthquake).

### **3. Cargas y Sobrecargas Gravitatorias**

#### **3.1 Cargas o Acciones permanentes D**

Cuando se determinen las cargas permanentes a utilizar en el proyecto, se deben usar los pesos reales de los materiales y elementos constructivos, si no se dispone de información, se usarán los valores indicados en el Reglamento.

- Las cargas permanentes se obtendrán multiplicando los volúmenes o superficies considerados en cada caso, por los correspondientes pesos unitarios.

- Cuando se determinen las cargas permanentes para el proyecto, se debe incluir el peso del equipamiento fijo de servicios, tal como instalación sanitaria, instalación eléctrica, sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado.

- En edificios de oficinas u otros edificios, donde se levantarán o redistribuirán elementos divisorios interiores, se debe prever el peso de dichos elementos, ya sea que éstos se muestren o no en los planos.

- En entresijos y cubiertas en general se consideran las cargas por unidad de superficie, cargas repartidas, la unidad de medida según el sistema actual es en kN/m<sup>2</sup>.

- Las cargas provenientes de muros, paredes de cerramiento, tabiques, etc. en general se consideran como cargas lineales, carga por unidad de longitud y la unidad de medida es el kN/m. Estas cargas generalmente se aplican en elementos lineales tipo viga.

Para la determinación de las cargas permanentes se podrán utilizar los siguientes valores extraídos de la reglamentación vigente. Ver 7.1 - Reglamento CIRSOC 101.

#### **3.2 Sobrecargas o acciones accidentales L**

##### **3.2.1 Cargas uniformemente distribuidas**

Las sobrecargas usadas en el proyecto de edificios y otras estructuras serán las máximas esperadas para el destino deseado en la vida útil de la construcción, en general se indican en valores de carga superficial (kN/m<sup>2</sup>) en función del destino del local o en el caso de cubiertas en función de la accesibilidad (accesible o no accesible) y de la pendiente.

Como criterio general las sobrecargas que recomiendan los reglamentos se determinan en base a estudios estadísticos, son valores cuya probabilidad de ser superados durante la vida útil de la estructura es menor que un porcentaje determinado.

La incertidumbre sobre la real utilización del local para el fin proyectado sumado a la variabilidad de los valores medidos llevan a considerar en los Reglamentos modernos valores de mayoración superiores para las sobrecargas que para las cargas permanentes, esto no ocurre con el Reglamento Cirsoc vigente que data de los años 80 y cuya base fue la norma DIN.

Por ejemplo en la nueva reglamentación CIRSOC en trámite, para la combinación de acciones permanentes con accidentales las cargas de tipo D (dead) llevan un coeficiente de mayoración de 1.2 mientras que las sobrecargas L(live) 1.6, la expresión resultante es:

$$C = 1.2 D + 1.6 L$$

##### **3.2.2 Cargas concentradas (Extraído del nuevo Cirsoc 101)**

Se transcribe un párrafo de dicho Reglamento que resulta adecuado para el análisis estructural de algunos edificios.

Para el caso de cubiertas de edificios destinados a depósitos, almacenamientos comerciales y de manufactura, y entresijos de garajes comerciales, cualquier nudo del cordón inferior de cabriadas expuestas de cubierta, o cualquier nudo perteneciente al sistema estructural de cubierta sobre el que apoyan cabriadas, debe ser capaz de soportar junto con su carga permanente, una carga concentrada suspendida no menor que 9 kN. Para todos los otros destinos el valor de la carga concentrada es de 1 kN.

#### 4 Cargas de Viento W

El viento es el desplazamiento de masas de aire atmosférico (el aire es un gas) debido a la existencia de zonas con diferencias de presión atmosférica, que se originan en calentamientos desiguales del sol en distintas zonas de la corteza terrestre.

En las zonas de alta presión se generan los anticiclones, el aire se mueve de dichos centros a las zonas de baja presión, en ese movimiento del aire, que se denomina viento, al encontrarse con obstáculos (por ejemplo las estructuras) la energía cinética se transforma en energía de presión.

### Ciclones y anticiclones



En un anticiclón, que es el área de alta presión, las corrientes de aire descienden en el centro y normalmente produce un tiempo fresco y claro.

Descargado de [gfrojas.blogspot.com](http://gfrojas.blogspot.com)



Este esquema muestra un ciclón, donde hay un área central de baja presión hacia la cual soplan los vientos. En el centro se eleva el aire más húmedo y caliente, el que al subir origina nubes con probabilidad de precipitaciones.

La carga debida al viento en esencia es una carga de tipo dinámico, pero bajo determinadas circunstancias puede ser transformada en una carga de tipo estático, una presión, esto es lo que ocurre para la gran mayoría de las estructuras que debemos analizar.

La presión es una función de la velocidad al cuadrado, en general  $p = k \cdot v^2$

La magnitud de la carga a aplicar sobre una estructura debida al viento depende de varios factores, pero los fundamentales son.

Ubicación geográfica: Según la ubicación de la estructura dentro del territorio Nacional. Se determinan mapas de velocidad del viento, que se van conformando con mediciones que se realizan a lo largo del tiempo en distintas zonas del País, generalmente en los Aeropuertos y algunas estaciones meteorológicas. Las mediciones de velocidad se efectúan con aparatos denominados anemómetros, que son un tipo de molinillos cuya cantidad de revoluciones está relacionada con la velocidad del viento, esto se registra en función del tiempo y luego por tratamientos estadísticos se llega a una velocidad de referencia, que es el promedio de los picos de ráfaga cuya duración es de mas de 3 seg. Pues se supone que duraciones menores no tendrán incidencia en el comportamiento global de la estructura. Con esta velocidad se determina la presión dinámica básica.

El entorno: No es lo mismo una estructura ubicada en la costa que en el medio de una gran ciudad. Esto se tiene en cuenta a través de un coeficiente de rugosidad.

La rugosidad del medio tiene incidencia en la forma del perfil de viento, a mayor rugosidad, que está dada por la presencia de obstáculos como árboles, edificios, etc. mayor será la altura gradiente (aquella altura a partir de la cual la velocidad es aproximadamente constante).

Ciudad de los Ángeles



Puerto Madero

Las características de la construcción, su importancia en cuanto a la probabilidad de falla permisible, que efectos puede tener su colapso, la vida útil estimada, etc. Esto se tiene en cuenta a través de un coeficiente de probabilidad que incrementa la presión básica determinada en principio.

La forma y dimensiones de la construcción: Como la velocidad surge de un promedio de picos de presión "ráfagas" determinadas sobre una placa de 50cm x 50 cm a 10 m de altura, cuando se quiere pasar a una estructura real hay que corregir dichos valores, cuanto mayor sea la superficie expuesta menor será la presión media a aplicar. En cuanto a la forma entra en juego el coeficiente aerodinámico de la estructura, por ejemplo la acción global sobre una estructura de forma prismática resultará 1.3 veces la presión media por el área expuesta, mientras que si la forma es cilíndrica el valor global se reduce a aproximadamente 0.7 de la presión por el área.

Es importante destacar que la fuerza o carga global generada por el viento está directamente relacionada con la superficie expuesta,  $Q = p \cdot A$ , carga igual a presión por área expuesta.

## 5 Cargas de Nieve S(Snow) y Hielo

### 5.1 Carga de Nieve

La acumulación de nieve sobre las cubiertas produce cargas verticales que según la ubicación geográfica de la estructura y la forma de la cubierta pueden adquirir valores significativos.



La norma CIRSOC 104 – Ed. 1997 contiene mapas y tablas donde se volcaron los registros de mediciones realizadas por el Servicio Meteorológico y otros organismos Oficiales y Privados. Lo que se mide es la acumulación de nieve sobre la superficie del terreno para cada localidad, generalmente cabeceras de Partido, esto permite determinar el valor de la carga básica de nieve  $q_0$ . El mapa de la República en primer término se divide en dos zonas, Zona I, donde las probabilidades de nevadas son prácticamente improbables, que abarca todas las provincias del N.E., parte de Buenos Aires, La Pampa, Rio Negro y algunas Provincias del Centro. La otra zona denominada Zona II abarca la totalidad de las Provincias del Oeste y Sur del País.

Con la forma de la cubierta, a través de tablas contenidas en el Reglamento, se obtiene la carga de nieve  $q = k \cdot q_0$ , donde  $k$  es la constante que depende de la forma. Pensemos que cuanto mas pendiente tiene un techo, menor será la posibilidad de acumulación de nieve. También tiene influencia la presencia o nó de canaletas, que obstruyen la libre caída de la nieve.



Es interesante hacer un comentario sobre las posibilidades de carga, siempre se debe considerar que una parte se pueda descargar, por diferencias de asoleamiento, pérdidas de temperatura diferentes, etc. Si por ejemplo se trata de una cubierta a dos aguas, debe considerarse, además del estado de carga completo sobre ambas vertientes, un ala cargado con  $q$  y el otro completamente descargado.

En la superposición con estados de viento se debe considerar:

carga de nieve +  $\frac{1}{2}$  carga resultante de la acción del viento

$\frac{1}{2}$  carga de nieve + carga resultante de la acción del viento

## 5.2 Carga de Hielo

Es el peso de la posible formación de hielo sobre los elementos constructivos, depende de varios parámetros meteorológicos como temperatura del aire, humedad absoluta y relativa, velocidad del viento etc., de la forma del elemento y de la altura sobre el nivel del mar.

Hielo sobre  
los cables



Los fenómenos que provocan la formación de hielo son la lluvia o llovizna fina y la niebla a temperatura menor de 0°.

En el primer caso las gotas a temperatura muy baja (debajo de 0°) se cristalizan al chocar con la superficie fría del elemento estructural expuesto, formando una película o lámina de hielo que se adhiere muy fuertemente, si el elemento, en su cara expuesta es plano, la lámina de hielo tendrá un espesor aproximadamente constante, si es curvo (por ejemplo un poste de luz) será variable con el máximo en correspondencia con la dirección del viento y si es circular como un cable la película se formará en todo el contorno encerrando al elemento. En este caso la densidad del hielo debe considerarse 9.2 kN/m<sup>3</sup>.

En el segundo caso la formación de hielo se produce por la eliminación de bancos de niebla ubicados en las zonas bajas barridos por el viento. Al chocar las finas gotas con elementos estructurales cristalizan y forman la película de hielo, que en este caso es menos densa que en el anterior por la cantidad de burbujas de aire que quedan atrapadas, debe considerarse con densidad 5.0 kN/m<sup>3</sup>.

Un tercer caso de formación de hielo puede ocurrir por derretimiento de la nieve sobre la cubierta, que luego se congela en forma de hielo sobre los aleros, en este caso la densidad se estima en 7 kN/m<sup>3</sup>

La carga debida a la posible formación de hielo deberá considerarse en las estructuras proyectadas para las Provincias de Chubut, Neuquén, Río Negro, Santa Cruz, Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur.

Cuando se disponga de información concreta sobre el tipo de formación y el espesor de la lámina esperables, se calculará la carga computando el volumen acumulado por el peso específico indicado, en caso contrario se deberá considerar sobre todos los elementos constructivos expuestos a la intemperie una formación de hielo de 60 mm de espesor con una densidad media de 7 kN/m<sup>3</sup>.

Para cubiertas inclinadas con aleros, donde es esperable la formación de hielo a partir de la nieve derretida, se considerará la situación que conduzca a mayores valores dentro de las dos siguientes:

Una carga lineal a lo largo de todo el borde del alero de 1.5 kN/m

Una carga de nieve en todo el alero incrementada con los siguientes coeficientes:

K = 2 para cubiertas rugosas e inclinación  $\alpha \leq 50^\circ$

K = 1.5 para cubiertas lisas e inclinación  $\alpha \leq 50^\circ$

K = 1 para cubiertas con inclinación a  $\alpha > 50^\circ$

## 6 Cargas o Acciones debidas al Sismo

Las acciones sobre las estructuras provocadas por sismo resultan en sí todo un tema y el tratamiento detallado del origen de los sismos, su propagación, etc. excede el espíritu de estas notas, por otro lado, en la Asignatura Proyecto Estructural que se dicta en el segundo semestre, se desarrolla el tema con la amplitud necesaria, existiendo apuntes de la cátedra a disposición de los alumnos que quieran profundizar el estudio.

Aclarado lo anterior, nos centraremos en el desarrollo conceptual y concreto de algunos aspectos a tener en cuenta para la determinación de la carga sísmica.

Cuando una estructura es sometida a un movimiento sísmico lo que ocurre es que se producen vibraciones o movimientos de la base, de estos movimientos oscilatorios, que son totalmente aleatorios, los mas importantes por los efectos que producen son los horizontales, si bien sobre la estructura actúan fuerzas verticales y torsores, estos en magnitud son muy inferiores y no se consideran.



Es importante notar que si bien el sismo genera básicamente esfuerzos horizontales como el viento, las acciones resultantes sobre una estructura son completamente distintas, el viento produce una acción que depende fundamentalmente de la superficie expuesta y en general no importan las características dinámicas de la estructura, es decir, para una estructura con una cubierta liviana o pesada, de iguales dimensiones exteriores, la carga de viento sería la misma mientras que la carga sísmica sería mucho mayor en aquella que tiene mayor masa, además en este caso interesan las características dinámicas de la estructura, su rigidez, grado de amortiguamiento, etc.

Al igual que con otras cargas como viento o nieve, para el sismo también existe un mapa del Territorio Nacional donde se han demarcado las regiones con distintos grados de sismicidad, dividido en 5 regiones, numeradas de 0 a 4

Las zonas de mayor sismicidad son las mas cercanas a la cordillera, y en particular a la zona de Cuyo, mientras que en la franja Este y Noreste, zona 0, la probabilidad de que ocurra un sismo es muy baja.

Dentro de los métodos para el cálculo de la fuerza horizontal podemos distinguir dos, el método estático y el método dinámico.

### 6.1 Método Estático:

El método estático es el mas antiguo y el primero que se comenzó a utilizar, consiste en suponer a la estructura como un cuerpo rígido indeformable que se desplaza siguiendo el movimiento horizontal del terreno. La aceleración de la construcción es igual a la del terreno por lo que se origina una fuerza de inercia  $T$  igual a la masa por la aceleración, recordar  $F=m.a$

$$T_{so} = m \cdot a = m \cdot d^2x/dt^2$$

$$m = Q/g$$

m: masa de la edificación

Q: Peso de la construcción

g: aceleración de la gravedad

x: desplazamiento del terreno

$d^2x/dt^2$  : Aceleración del terreno

Reemplazando

$$T_{so} = a/g \cdot Q$$

$a/g = C$  (Coeficiente sísmico)

Luego

$$T_{so} = C \cdot Q$$

El coeficiente sísmico C es el establecido por la Reglamentación para cada lugar, según la zonificación, varía entre 0.025 y 0.12

## 6.2 Método Dinámico:

Este método, mas moderno que el anterior, considera la estructura como un sistema flexible de uno o mas grados de libertad sometido a un desplazamiento por la base igual al movimiento horizontal del terreno, en este caso la estructura se deforma, es sometida a vibración y a una fuerza  $T_{so}$  que depende de sus características dinámicas.

## 7. Reglamentos

En nuestro Pais, para la determinación de las acciones sobre cualquier estructura, en general se aplica la Reglamentación CIRSOC.

Puede haber algunos casos en que resulten de aplicación Reglamentos Locales como códigos Municipales o Provinciales, algunas reparticiones como los Ministerios de Obras Públicas pueden tener incorporados en sus pliegos indicaciones sobre valores mínimos de las cargas a utilizar o el Reglamento que debe seguirse.

Cuando se trate de estructuras particulares como puentes carreteros o ferroviarios son de aplicación otros Reglamentos.

Independientemente del Reglamento que se utilice, el criterio siempre es similar, lo que Nunca debe hacerse es Mezclar Reglamentos. Cada reglamento tiene incorporados coeficientes de mayoración de acciones, minoración de tensiones, etc. que son propios y no se debe por ejemplo determinar las acciones con un reglamento y efectuar las verificaciones con otro, salvo casos especiales que deben ser juzgados convenientemente.

reglamentos nacionales aplicables

La información puede ampliarse a traves de internet ingresando en la página siguiente.

[www.inti.gov.ar/cirsoc/reglamentos.htm](http://www.inti.gov.ar/cirsoc/reglamentos.htm)

La cátedra considera que en el desarrollo de los trabajos prácticos se deben utilizar los Reglamentos Vigentes detallados en 7.1

### 7.1 reglamentos VIGENTES

En la actualidad y mientras no se aprueben los Reglamentos en discusión y/o en trámite de aprobación, que serán mencionados mas adelante, están vigentes los siguientes.

► REGLAMENTO CIRSOC 101 "Cargas y Sobrecargas Gravitatorias para el Cálculo de Estructuras de Edificios"

Edición julio 1982

Se puede ver en:

<http://www.construir.com/Edifica/document/cirsoc.htm>

► REGLAMENTO CIRSOC 102 "Acción del Viento sobre las Construcciones"  
Edición Diciembre 84 (FE DE ERRATAS 1994)

Se puede ver en:

<http://www.construir.com/Edifica/document/cirsoc2.htm>

<http://www.construir.com/Edifica/document/cirsoc3.htm>

► RECOMENDACION CIRSOC 102-1 "Acción dinámica del viento sobre las construcciones"  
Edición Julio 1982

<http://www.construir.com/Edifica/document/102-1a.htm>

► REGLAMENTO INPRES-CIRSOC 103 "Normas Argentinas para las Construcciones Sismorresistentes"  
Edición Agosto 1991

Tomo I: "Construcciones en General"

Tomo II: "Construcciones de Hormigón Armado y Hormigón Pretensado"

Tomo III: "Construcciones de Mampostería"

► REGLAMENTO CIRSOC 104 "Acción de la Nieve y del Hielo sobre las Construcciones"  
Edición Septiembre de 1997

No hemos encontrado link para este Reglamento.

► RECOMENDACION CIRSOC 105 "Superposición de Acciones (Combinación de Estados de Carga)"  
Edición Julio 1982

<http://www.construir.com/Edifica/document/105p1a.htm>

RECOMENDACION CIRSOC 106 "Dimensionamiento del Coeficiente de Seguridad"  
Edición julio de 1982 con actualización 1984 (Fe de erratas)

► RECOMENDACION CIRSOC 107 "Acción Térmica Climática sobre las construcciones"  
Edición Julio 1982

## 7.2 Reglamentos en discusión o en trámite de aprobación:

A partir del año 2000 se prepararon una serie de revisiones a los reglamentos existentes, la mayoría adaptados a las normas Americanas.

► [CIRSOC 101-2005 Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño para Edificios y otras Estructuras](#)

► [CIRSOC 102-2005 Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones](#)

INPRES-CIRSOC 103-2000 Proyecto de Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes · "(próximamente Edición 2005)"

► [Parte II: "Construcciones de Hormigón Armado"](#)

► [Parte IV: "Construcciones de Acero"](#)

► [CIRSOC 104-2005 Reglamento Argentino de Acción de la Nieve y del Hielo sobre las Construcciones](#)

Nota: Las Recomendaciones CIRSOC 102-1 (1982), CIRSOC 105 (1982) y CIRSOC 106 (1982), no se actualizarán dado que los temas que abordan han sido incorporados a los nuevos reglamentos.

La Recomendación CIRSOC 107 (1982) actualizada próximamente.