

# PROYECTO ESTRUCTURAL CURSO ANUAL

## TEMA 4 – DEFINICIÓN DE ACCIONES

AÑO 2020

## Contenido

1. Introducción.....	3
2. Normativas de referencia para la determinación de acciones en estructuras.....	3
3. Tipo de Acciones .....	5
3.1. Acciones Permanentes (G) en proyectos de obras de Edificación.....	7
3.2. Acciones Variables (Q) en proyectos de obras de Edificación. Cargas de carácter gravitatorio. ....	12
3.2.1. Introducción.....	12
3.2.2. Casos generales.....	14
3.2.3. Casos de espacios destinados a estacionamiento y tránsito de vehículos .....	21
3.2.4. Cargas de equipamiento Ascensores .....	22
3.2.5. Caso particular de cargas debidas a tránsito de montacargas. ....	25
3.3. Acciones Variables (Q) en proyectos de obras de Edificación. Cargas Laterales.....	27
3.3.1. Cargas debidas a la acción del viento .....	27
3.3.2. Otras cargas laterales. Parapetos, particiones actuando como barreras, etc.....	28
3.3.3. Acciones Variables (Q) debidas a empujes de Suelo .....	28
3.3.4. Acciones variables (Q) – Sub presión y empuje hidrostático.....	32
4. Combinación de acciones .....	33
4.1. Combinaciones de Estado Límite Último (ULS).....	34
4.2. Combinaciones de Estado Límite Servicio (SLS).....	37
4.3. Comentarios relativos a la disposición de las Acciones Variables (Q) .....	38
5. Referencias.....	41

## 1. Introducción

Las estructuras deben diseñarse para soportar las cargas para requeridas por el proyecto particular. Las cargas dependen de la función de la estructura, es decir, existen cargas que se deben considerar por el ejemplo para el diseño de Edificios de vivienda u oficinas, cargas particulares que se deben considerar para silos y estructuras de retención, cargas particulares a considerar en el diseño de puentes de carretera o ferroviarios.

En líneas generales las diferentes normativas de diseño establecen para cada tipo de estructura las acciones a tener en cuenta. En todos los casos, para estructuras de edificación, estructuras para infraestructura (puentes ferroviarios y de carretera, por ejemplo), estructuras portuarias, etc., los diferentes entes locales pueden determinar acciones o verificaciones particulares para el tipo de estructura y para la localidad en cuestión. Un ejemplo de esto en nuestro medio son las acciones para los puentes de carretera dictaminados por la Dirección Nacional del Vialidad (MTOPE).

Existen también casos, cómo los proyectos industriales, en los cuales se tienen equipamientos cuyas acciones sobre las obras civiles pueden ser de diversas índoles y las mismas vienen determinadas por el Tecnólogo del caso, quien puede además establecer ciertos requerimientos de desempeño particulares para las estructuras. Se debe tener en cuenta que para este tipo de casos de debe tener un trabajo en conjunto con el proyectista industrial.

Una buena práctica referente al proyecto de estructuras es generar un plano o referencia en los mismos relativa a las cargas consideradas en las estructuras en cuestión. De esta manera se tiene un documento cómo parte del proyecto de manera que ante cualquier modificación a futuro o validación del proyecto por un tercero no hay lugar a duda respecto a las cargas consideradas para el diseño y generación de los planos de ingeniería de detalle.

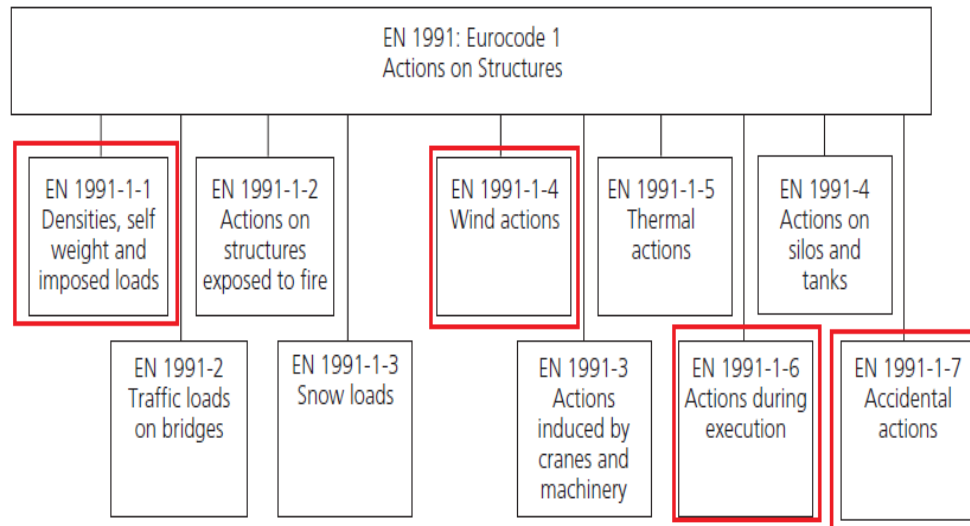
## 2. Normativas de referencia para la determinación de acciones en estructuras.

Existen diferentes normativas las cuales establecen valores característicos de cargas a considerar en edificación o cualquier tipo de estructura. Dichas cargas características se entrelazan con los criterios de diseño de las normas en cuestión, estableciéndose valores de acciones representativos.

En lo que refiere a las normativas que se utilizan usualmente, en nuestro medio se utilizan de las siguientes referencias:

- **Normas UNIT:** Corresponden a las normas uruguayas las cuales determinan valores de acciones para algunos casos, particularmente para el uso usual en estructuras de edificación se tiene:
  - **UNIT 33-91 “Cargas a utilizar en el proyecto de edificios”.** Establece las cargas permanentes y cargas variables en las estructuras de edificación.
  - **UNIT 50-84 “Acciones del Viento sobre las construcciones”.** Determina las cargas debido a las acciones de viento sobre las estructuras.
  
- **EN 1991, Eurocode 1: Actions on structures.** Se compone de varios conjuntos de normas, los cuales dan una información integral completa respecto a cargas para varios tipos de estructuras. Se tienen además incidencia de las consideraciones locales de cada ámbito en dónde se aplica el euro-código por medio de los anexos nacionales de cada país. Este conjunto de normas tiene un espectro bastante más amplio que sólo las estructuras para edificación. Se debe tener en cuenta de que la norma EN 1991 debe ser aplicada en conjunto y bajo los criterios de la norma **EN 1990 – Eurocode 0: Basis of structural design**, la cual determina los criterios generales y combinaciones de acciones a considerar.

Se presentan a continuación las diferentes partes de EN 1991, se identifican las partes de interés para obras de edificación, las demás partes se nombran de forma informativa, queda a libertad del lector estudiar otras partes de interés de dicha norma:



- **ASCE 7: Minimum design loads for Buildings and other structures.** Establece las cargas características y combinaciones a tener en cuenta para el diseño de edificios y otros tipos de estructuras, tanto para métodos de diseño LRFD como ASD.

Dicha norma debe utilizarse en conjunto con el cuerpo de normas ACI y AISC por ejemplo, de manera de mantener el criterio de confiabilidad y seguridad estructural. Dentro del cuerpo de la norma ASCE 7 se pueden encontrar acciones para lo siguiente:

- Cargas permanentes, de peso propio presiones hidrostáticas
- Sobre cargas de uso (cargas vivas)
- Cargas de inundación
- Cargas debido a acumulación de nieve
- Cargas debido a lluvia
- Cargas debido a las acciones del viento
- Acciones sísmicas

Además de lo listado anteriormente, el lector puede estudiar otras referencias como por ejemplo el **International Building Code (International Code Council)** o los documentos básicos (DB) emitidos por el **Código Técnico de la Edificación (CTE) del Ministerio de Fomento de España**. En particular, referente al CTE el DB-SE trata Sobre seguridad estructura y Cargas características a considerar en el proyecto de obras de Edificación.

Link de Referencia Código técnico de la Edificación:

<https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-documentoscte.html>

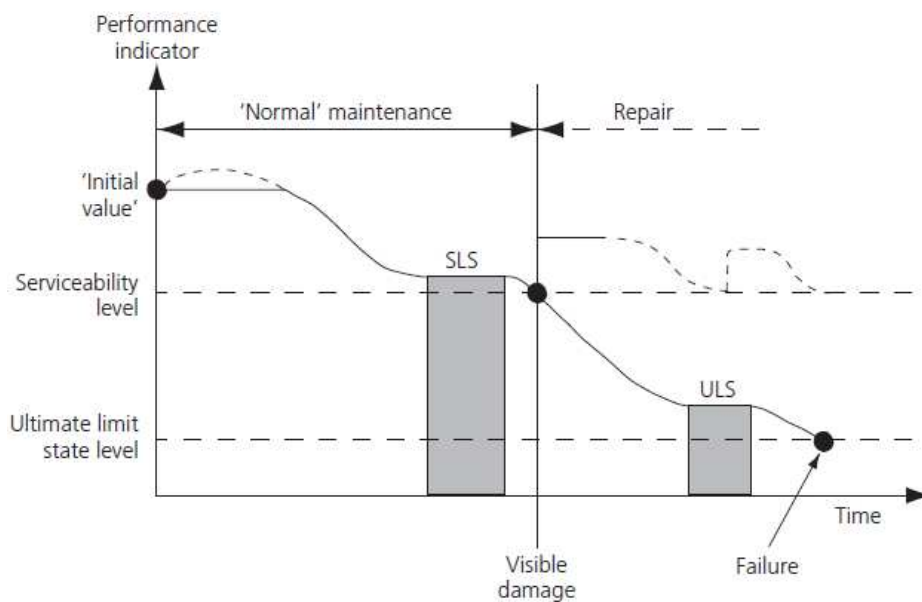
En lo que refiere al curso, se seguirán los lineamientos de establecidos en las normas locales uruguayas y los lineamientos de las normas EN 1990/1991.

### 3. Tipo de Acciones

Una forma de clasificar las acciones que puede haber sobre una estructura es por la naturaleza de las mismas. Se lista los siguientes conceptos siguiendo los términos definidos en EN 1990:

- **Definición de “Acciones” (F):** Cargas aplicadas a la estructura (acciones directas) o deformaciones o aceleraciones impuestas a la estructura (acciones indirectas debidas por ejemplo a efectos térmicos)
- **Definición de “Efecto” (E):** Efecto de las acciones en elementos estructurales o en toda la estructura, esto es sollicitaciones internas, tensiones, desplazamientos, etc.
- **Acciones Permanentes (G):** Acción (carga) que actual en período de referencia dado la cual tiene variaciones despreciables, actuando siempre en una misma dirección. Refiere básicamente a las cargas de Peso Propio y Sobre cargas permanentes en las estructuras.
- **Acciones Variables (Q):** Acciones las cuales tienen magnitudes no despreciables. Estas corresponden a cargas impuestas, cargas de viento, etc.
- **Acciones Accidentales (A):** Acción usualmente de corta duración, pero de magnitud significativa, la cual es poco probable que ocurra en una estructura dada durante la vida útil de la obra Proyectada.
- **Valor de acción característica ( $F_k$ ):** Valor principal representativo de una acción. Se determina de tal manera de obtener un valor que no sea superado con una probabilidad dada en el período de referencia (vida útil de la estructura). En general se considera una probabilidad  $P = 0.02$  a  $0.05$  dependiendo de la naturaleza de la acción y de las consideraciones particulares del proyecto.
- **Vida útil de la estructura:** Periodo de tiempo asumido para el cual la estructura o parte de la misma es supuesta para uso. Término utilizado para el cual la estructura o parte de la misma está prevista para ser utilizada, con mantenimiento anticipado de manera de mantener la fiabilidad de la misma y sin necesidad de reparaciones de mayores. Se presenta estos conceptos en el siguiente gráfico.

Evolution with time of a structure (SLS, serviceability limit state; ULS, ultimate limit state)



En la siguiente tabla se listan algunas acciones las cuales se encasillan según el tipo de acción (“G”, “Q”, “A”).

Permanent action	Variable action	Accidental action
(a) Self-weight of structures, fittings and fixed equipment	(a) Imposed floor loads	(a) Explosions
(b) Prestressing force	(b) Snow loads	(b) Fire
(c) Water and soil pressures	(c) Wind loads	(c) Impact from vehicles
(d) Indirect action, e.g. settlement of supports	(d) Indirect action, e.g. temperature effects	
	(e) Actions due to traffic	

Por otro lado, referente a la vida útil de diseño para las estructuras en general, el EN 1990 establece valores indicativos de vida útil a considerar para el diseño de las estructuras según el tipo de construcción:

Design working life category	Notional design working life (years)	Examples
1 <sup>a</sup>	10	Temporary structures
2	10–25	Replaceable structural parts, e.g. gantry girders, bearings (see appropriate standards)
3	15–30	Agricultural and similar structures (e.g. buildings for animals where people do not normally enter)
4	50	Building structures and other common structures (e.g. hospitals, schools)
5	100	Monumental building structures, bridges and other civil engineering structures (e.g. churches)

Data from Table 2.1 of EN 1990.

<sup>a</sup> For design working life category 1 temporary structures, structures or parts of structures that can be dismantled with a view to being re-used should not be considered as temporary.

Para profundizar los conceptos relativos a vida útil de una estructura o parte de la misma, se recomienda estudiar la referencia “Designers’ Guides to the Eurocodes: Basis of Structural Design – EN 1990” emitido por Institution of Civil Engineers (ICE)

### 3.1. Acciones Permanentes (G) en proyectos de obras de Edificación

Se trata de las acciones debidas principalmente al peso propio de los diferentes elementos (estructurales o no) que puedan estar presentes en el proyecto en cuestión. A Saber:

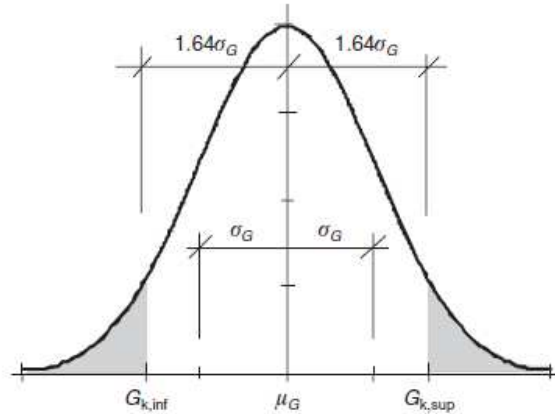
- Peso propio de los elementos estructurales
- Acciones permanentes debida el peso propio de las terminaciones (contrapisos, cielos falsos, terminaciones, etc.)
- Acciones permanentes debidas a terminaciones de cubierta (ejemplo, cubierta de chapa en estructuras metálicas)
- Acciones del peso propio de impermeabilizaciones, aislación térmica y acústica, tierra en azoteas considerando sus debidos cambios de humedad, etc.
- Acciones debidas a la carga permanente de tabiques y muros
- Acciones debidas a la carga permanente de posibles instalaciones de magnitud apreciable en los edificios.

La disposición de las Acciones permanentes depende en cierto punto del proyecto de Arquitectura asociado a la obra en cuestión. De esta manera a partir del proyecto de arquitectura se deben determinar las acciones debidas al peso propio de los diferentes elementos que componen el proyecto.

Para los casos en los cuales puedan existir elementos no estructurales los cuales puedan ser removidos o agregados, es necesario tomar en consideración la posición más crítica de manera de obtener la combinación de acciones más pesimista en el proyecto.

En lo que refiere a las densidades para determinar las acciones permanentes, se deben considerar cómo valores característicos a los valores medios de las densidades para los materiales en cuestión, siendo necesario tener en cuenta una densidad superior ( $G_{k,sup}$ ) y ( $G_{k,inf}$ ). Esto se determina a partir de un estudio

estadístico de las cargas permanentes. En particular el EN 1990 establece las variaciones que se deben asumir para determinar los valores superiores e inferiores.



Large variability

Definition of mean value ( $\mu_G$ ) and lower ( $G_{k,inf}$ ) and upper ( $G_{k,sup}$ ) characteristic values of permanent actions based on normal (Gaussian) distribution

Se deben tomar las peores combinaciones de estas acciones en conjunto con las demás acciones permanentes y acciones de sobre cargas (Q).

Se puede ampliar estos conceptos mediante la bibliografía “Designers’ Guides to the Eurocodes: Basis of Structural Design – EN 1990” y “Designers’ Guides to the Eurocodes I: Actions on Buildings – EN 1991-1-1 and -1-3 to -1-7” emitidos por Institution of Civil Engineers (ICE).

En los casos en los cuales se puede tener certeza de la densidad de los diferentes elementos en cuestión, es posible considerar un único valor  $G_k$ . Esto viene asociado a proyectos en los cuales los controles en obra son lo suficientemente rigurosos como para garantizar que las acciones permanentes se encuentran con una desviación despreciable respecto a los valores característicos considerados.

En el Anexo A del documento EN 1991-1-1 se presentan valores característicos de densidades para diferentes materiales. También en la norma UNIT 33-91 se establecen valores representativos para diferentes materiales. Se agregan algunos valores representativos, se recomienda al lector estudiar dichas referencias comparar los datos entre las diferentes normativas.



Area loads and loads of sheet materials

Material	Area load (kN/m <sup>2</sup> )	Material	Area load (kN/m <sup>2</sup> )
Aluminium (corrugated)	0.04	Plaster skim coat	0.05
Asphalt (20 mm)	0.46	Plasterboard (9.5 mm)	0.07
Carpet	0.03	Plasterboard (12.5 mm)	0.09
Carpet and underlay	0.05	Plasterboard (15 mm)	0.11
Chipboard (18 mm)	0.12	Plasterboard (19 mm)	0.15
Chipboard (22 mm)	0.15	Plastered brick 102 + 2 x 13 mm	2.60
Dry lining on stud (20 mm)	0.15	Plastered medium density block	2.00
False ceiling – steel framing	0.10	Plastic (corrugated)	0.04
Felt (3-layer) and chippings	0.35	Plywood (12.5 mm)	0.08
Glass – double glazing	0.52	Plywood (15.5 mm)	0.10
Glass – single glazing	0.30	Plywood (19 mm)	0.12
Glass fibre (50 mm)	0.01	Quarry tiles including mortar bedding	0.32
Glass wool (100 mm)	0.01	Raised floor – heavy duty	0.50
Glazing – parent (incl. bars)	0.30	Raised floor – medium weight	0.40
Hardwood parquet (10 mm)	0.08	Raised floor – lightweight	0.30
Insulation – glass fibre (100 mm)	0.02	Render (13 mm)	0.30
Insulation – glass fibre (150 mm)	0.03	Rock wool (25 mm)	0.01
Insulation – polystyrene	0.04	Screed – 50 mm	1.15
Lead sheet – code 3 (1.32 mm)	0.15	Screed – lightweight (25 mm)	0.45
Lead sheet – code 4 (1.80 mm)	0.20	Sheet vinyl	0.03
Lead sheet – code 5 (2.24 mm)	0.25	Stainless steel roofing (0.4 mm)	0.05
Lead sheet – code 6 (2.65 mm)	0.29	Steel (corrugated)	0.15
Lead sheet – code 7 (3.15 mm)	0.35	Suspended ceiling – aluminium	0.05
Lead sheet – code 8 (3.55 mm)	0.39	Suspended ceiling – steel	0.10
Linoleum (3.2 mm)	0.05	Suspended fibreboard tiles	0.05
Rawing stones (50 mm)	1.20	T&G boards (15.5 mm)	0.09
Perspex corrugated sheets	0.05	T&G boards (22 mm)	0.12
Plaster – two coat gypsum (12 mm)	0.21	Tiles – ceramic floor on bed	1.00
Plaster board on timber stud	0.35		

Roof loads

Material	Area load (kN/m <sup>2</sup> )
Battens for slating and tiling	0.03
Metal roof cladding	0.07
Thatch (300 mm)	0.45
Tiles – clay roof (max)	0.67
Tiles – clay roof (min)	0.43
Tiles – natural slate (thick)	0.65
Tiles – natural slate (thin)	0.35
Tiles – interlocking concrete	0.55
Tiles – plain concrete	0.75
Zinc roofing (0.8 mm)	0.06

Area loads of partitions

Partitions as area loads	Area load (kN/m <sup>2</sup> )
Lightweight	1.00
Heavyweight	3.00

Se agregan algunos datos de referencia relativos a cargas de muros y paquetes de terminaciones de entrepiso. Dichos valores deben ser verificados para proyecto en cuestión según las indicaciones correspondientes del proyecto de arquitectura.

Typical area loads for cladding and walls (kN/m<sup>2</sup>)

<b>Cavity wall</b>		<b>Precast concrete cladding</b>	
102.5 mm brickwork	2.40	Facing	1.00
50 mm insulation	0.02	Precast panel (100 mm)	2.40
100 mm blockwork	1.40	Insulation	0.05
Plaster	0.21	Dry lining on stud	0.15
<b>Total</b>	<b>4.0</b>	<b>Total</b>	<b>3.6</b>
<b>Lightweight cladding</b>		<b>Brickwork</b>	
Insulated panel	0.20	102.5 mm brickwork	2.40
Purlins	0.05	Plaster x 2	0.42
Dry lining on stud	0.15	<b>Total</b>	<b>2.8</b>
<b>Total</b>	<b>0.4</b>	<b>Blockwork – dense</b>	
<b>Curtain walling</b>		100 mm dense blockwork	2.00
Allow	1.00	Plaster x 2	0.42
<b>Insulating concrete formwork</b>		<b>Total</b>	<b>2.4</b>
Render	0.60	<b>Blockwork – lightweight</b>	
Insulating formwork	0.10	100 mm lightweight blockwork	1.40
Concrete (200 mm)	4.80	Plaster x 2	0.42
Plaster	0.21	<b>Total</b>	<b>1.8</b>
<b>Total</b>	<b>5.7</b>	<b>Blockwork – aerated</b>	
<b>Timber cladding</b>		100 mm aerated blockwork	0.50
Boarding (25 mm)	0.20	Plaster x 2	0.42
Battens	0.05	<b>Total</b>	<b>0.9</b>
Ply (12.5 mm)	0.08	<b>Dry lining</b>	
Studs (150 x 50 mm)	0.23	Metal studs	0.05
Insulation	0.05	Plasterboard and skim x 2	0.40
Ply (12.5 mm)	0.08	<b>Total</b>	<b>0.5</b>
Dry lining on stud	0.15	<b>Timber stud wall</b>	
<b>Total</b>	<b>0.8</b>	Timber studs	0.10
		Plasterboard and skim x 2	0.40
		<b>Total</b>	<b>0.5</b>

Typical area loads (kN/m<sup>2</sup>)

Office floor						
In-situ flat slab thickness (mm)	–	225	250	275	300	325
Carpet	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Raised floor	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Self-weight of slab	–	5.40	6.00	6.60	7.20	7.80
Suspended ceiling	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Services	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
<b>Total</b>	<b>0.8</b>	<b>6.2</b>	<b>6.8</b>	<b>7.4</b>	<b>8.0</b>	<b>8.6</b>

Office core area						
In-situ flat slab thickness (mm)	–	225	250	275	300	325
Tiles & bedding (allow)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Screed	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
Self-weight of slab	–	5.40	6.00	6.60	7.20	7.80
Suspended ceiling	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Services	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
<b>Total</b>	<b>3.7</b>	<b>9.1</b>	<b>9.7</b>	<b>10.3</b>	<b>10.9</b>	<b>11.5</b>

Residential floor					
In-situ flat slab thickness (mm)	–	200	225	250	275
Carpet	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Flooring floor	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Self-weight of slab	–	4.80	5.40	6.00	6.60
Suspended ceiling	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Services	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
<b>Total</b>	<b>0.5</b>	<b>5.3</b>	<b>5.9</b>	<b>6.5</b>	<b>7.1</b>

School floor					
In-situ flat slab thickness (mm)	–	225	250	275	300
Carpet/flooring	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Self-weight of slab	–	5.40	6.00	6.60	7.20
Suspended ceiling	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Services	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
<b>Total</b>	<b>0.4</b>	<b>5.8</b>	<b>6.4</b>	<b>7.0</b>	<b>7.6</b>

Hospital floor					
In-situ flat slab thickness (mm)	–	225	250	275	300
Flooring	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Self-weight of slab	–	5.40	6.00	6.60	7.20
Screed	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
Suspended ceiling	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Services (but can be greater)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
<b>Total</b>	<b>2.9</b>	<b>8.3</b>	<b>8.9</b>	<b>9.5</b>	<b>10.1</b>

<b>Flat roof/external terrace</b>						
In-situ flat slab thickness (mm)	–	225	250	275	300	325
Paving or gravel (allow)	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
Waterproofing	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Insulation	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Self-weight of slab	–	5.40	6.00	6.60	7.20	7.80
Suspended ceiling	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Services	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
<b>Total</b>	<b>3.3</b>	<b>8.7</b>	<b>9.3</b>	<b>9.9</b>	<b>10.5</b>	<b>11.1</b>

<b>Timber pitched roof</b>				
Pitch (°)	30	35	40	45
Tiles (range: 0.5 to 0.75 kNm <sup>2</sup> )	0.75	0.75	0.75	0.75
Battens	0.05	0.05	0.05	0.05
Felt	0.05	0.05	0.05	0.05
Rafters	0.15	0.15	0.15	0.15
Insulation	0.05	0.05	0.05	0.05
Plasterboard and skim	0.15	0.15	0.15	0.15
Services	0.10	0.10	0.10	0.10
Ceiling joists	0.15	0.15	0.15	0.15
<b>Total load on plan</b>	<b>1.6</b>	<b>1.7</b>	<b>1.8</b>	<b>1.9</b>

<b>Metal decking roof</b>	
Insulated panel	0.20
Purlins	0.10
Steelwork	0.30
Services	0.10
<b>Total</b>	<b>0.7</b>

### 3.2. Acciones Variables (Q) en proyectos de obras de Edificación. Cargas de carácter gravitatorio.

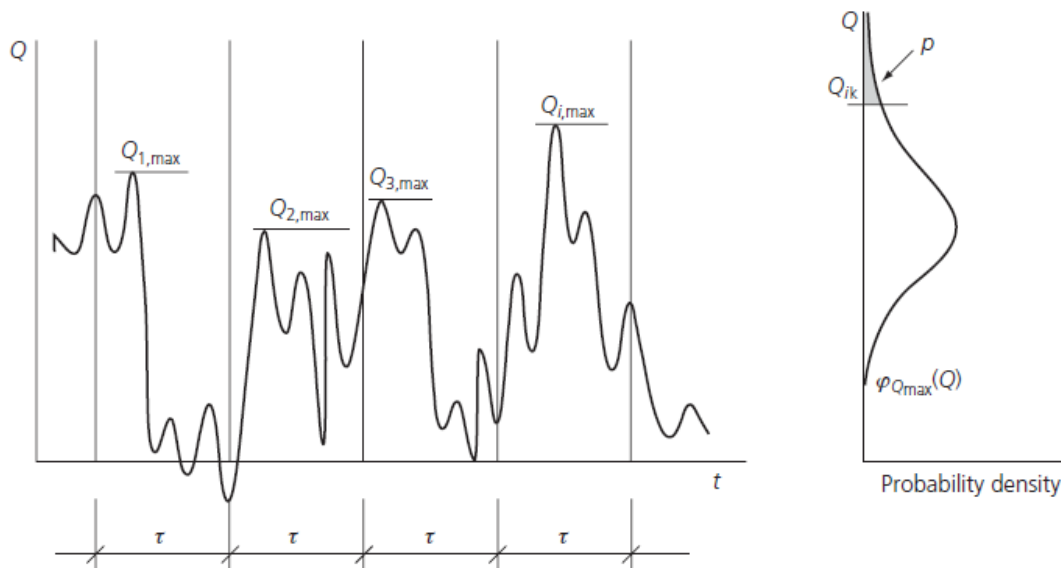
#### 3.2.1. Introducción

En el presente punto se desarrollan las sobrecargas principalmente de índole gravitatoria.

A efectos de determinar las cargas variables características las normas se amparan en criterios estadísticos, según la probabilidad dada para la cual se espera que no se supere la carga establecida.

Si se tuvieran datos estadísticos para los cuales se pueda construir una función de cargas vs tiempo, seleccionando un tiempo de período de referencia se podría construir una función de densidad de probabilidad para las cuales se generan los valores máximos de carga, pudiendo seleccionar con que probabilidad sea superada la carga característica.

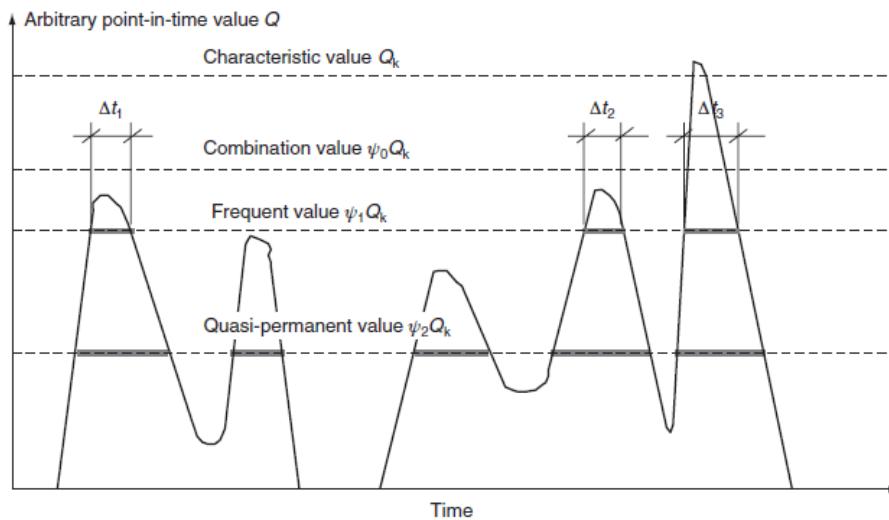
Variable action  $Q$  as a function of time  $t$  and the characteristic value  $Q_k$



En general, el EN 1991 considera cargas características a aquellas que pueden ser superadas con una probabilidad  $p = 0.02$  en un período de retorno de 50 años, es decir se determina la carga  $Q_k$  tal que en el período seleccionado sólo es superada por un 2% de los casos.

Existen otros valores de interés, los cuales son de gran importancia para determinar las distintas combinaciones de Estados Límites Últimos y de Servicio, estos son los siguientes valores de carga:

- **Valor de combinación para las acciones variables ( $\psi_0$ ):** Valor seleccionado de tal manera de que la probabilidad de que se supere este valor en una combinación con otras cargas, es aproximadamente la misma que la probabilidad de exceder el valor característico  $Q_k$ . Es decir, toma en cuenta la probabilidad reducida de que todas las acciones actúen a la vez. En general se utiliza para combinaciones de Estado Límite Último así como para combinaciones de Estado Límite de Servicio las cuales involucren daños irreversibles.
- **Valor Frecuente de las acciones variables ( $\psi_1$ ):** Valor de carga tal que es excedido sólo en una pequeña parte del período de referencia, o que se limita la probabilidad de ser excedido a un valor dado. Interviene en combinaciones de Estado Límite Último las cuales involucren situaciones accidentales y en combinaciones de Estado Límite de Servicio las cuales involucren verificaciones de efectos reversibles.
- **Valor Cuasi-Permanente de las acciones variables ( $\psi_2$ ):** Valor determinado de manera de que es superado en una gran parte del período de referencia. Interviene en combinaciones de Estado Límite Último las cuales involucren situaciones accidentales y en combinaciones de Estado Límite de Servicio las cuales involucren verificaciones de aptitud al servicio de la estructura.



Representative values

Se presentan a continuación valores de los factores  $\psi$  recomendados por EN 1990 y EN 1991:

**Table A1.1 - Recommended values of  $\psi$  factors for buildings**

Action	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Imposed loads in buildings, category (see EN 1991-1-1)			
Category A : domestic, residential areas	0,7	0,5	0,3
Category B : office areas	0,7	0,5	0,3
Category C : congregation areas	0,7	0,7	0,6
Category D : shopping areas	0,7	0,7	0,6
Category E : storage areas	1,0	0,9	0,8
Category F : traffic area, vehicle weight $\leq 30\text{kN}$	0,7	0,7	0,6
Category G : traffic area, $30\text{kN} < \text{vehicle weight} \leq 160\text{kN}$	0,7	0,5	0,3
Category H : roofs	0	0	0
Snow loads on buildings (see EN 1991-1-3)*			
Finland, Iceland, Norway, Sweden	0,70	0,50	0,20
Remainder of CEN Member States, for sites located at altitude $H > 1000\text{ m a.s.l.}$	0,70	0,50	0,20
Remainder of CEN Member States, for sites located at altitude $H \leq 1000\text{ m a.s.l.}$	0,50	0,20	0
Wind loads on buildings (see EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Temperature (non-fire) in buildings (see EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
NOTE The $\psi$ values may be set by the National annex.			
* For countries not mentioned below, see relevant local conditions.			

### 3.2.2. Casos generales

Las sobrecargas en los proyectos de edificación son aquellas que provienen del uso de las mismas. Los valores cubiertos para este tipo de proyectos por las normativas incluyen en general:

- Acciones debidas al uso normal de las personas
- Mobiliario y otros objetos móviles (particiones móviles, almacenamientos, contenido de containers, etc.)
- Vehículos
- Eventos extraños debidos a reorganización, etc. (cómo por ejemplo acumulación de personas, mobiliario, etc.)

En general para proyectos de edificación las normas establecen a considerar:

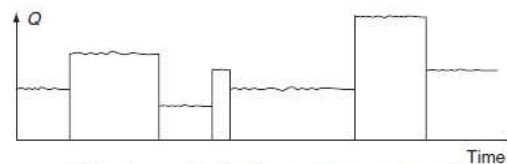
- Cargas uniformemente distribuidas
- Cargas puntuales
- Combinaciones de las mismas

Se debe tener en cuenta de que en general las cargas variables dependen del uso que tendrán las diferentes unidades del proyecto de Edificación, esto quiere decir que se tiene una relación estrecha de las sobre cargas a asumir con los usos establecidos en el correspondiente proyecto de Arquitectura.

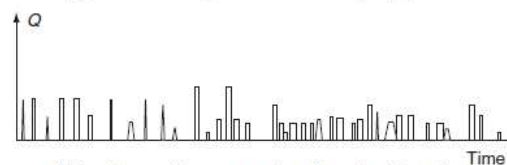
En lo que refiere a los valores característicos, las normas UNIT 33-91 y EN 1991-1-1 por ejemplo establecen valores según la ocupación de los edificios proyectados. Se invita al lector a estudiar los lineamientos establecidos por las normas UNIT y compararlos con los establecidos en los Euro-códigos.

En particular la norma EN 1991-1-1, en el capítulo 6, establece las diferentes cargas características. Dichas acciones características se determinan de tal manera que durante la vida útil de la estructura no se supere los valores de las acciones establecidos con determinado percentil (en general una probabilidad  $p=0.02$ ).

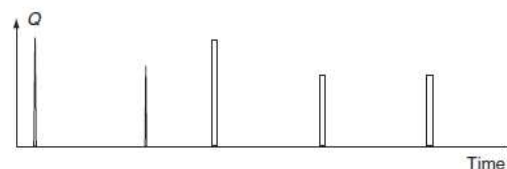
Estas se pueden ver incrementadas momentáneamente debido a eventos excepcionales en los cuales se puedan congregar personas en los diferentes espacios, esto se puede dar por ejemplo por convocación de personas en eventos particulares en los cuales las personas se agrupan o multitudes en eventos de emergencia. Estos eventos pueden ser significativos en lo que refiere a las sobrecargas a considerar:



(a) Load caused by furniture and heavy equipment



(b) Load caused by persons in ordinary load situations



(c) Loads in special load situations

Time variability of the magnitude  $Q$  of the load

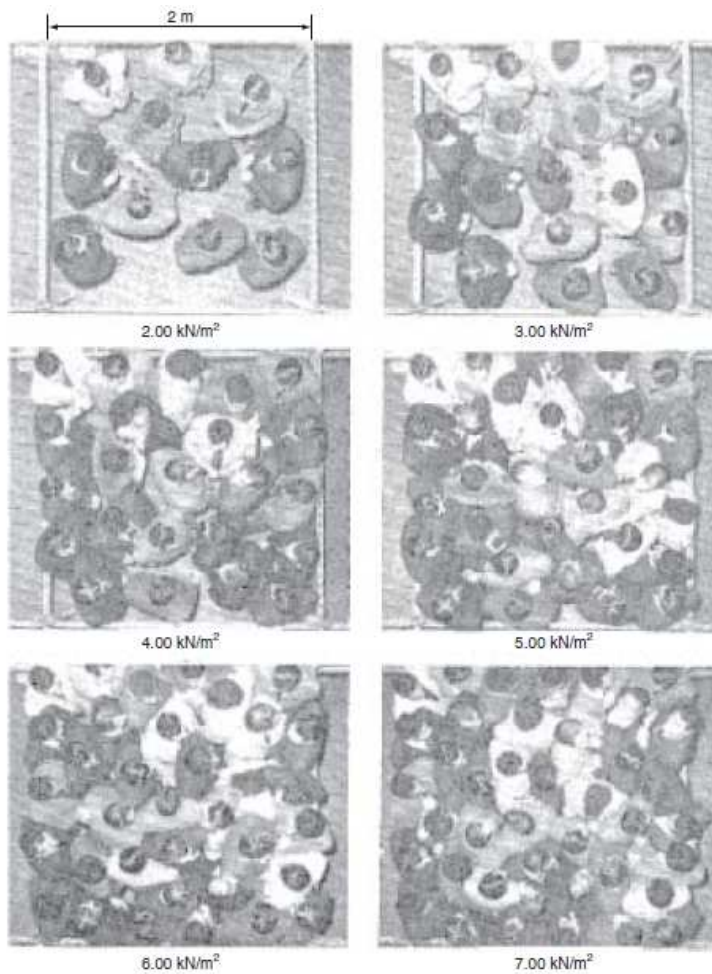


Fig. 6.2. Load values associated with various intensities of people loading

De esta manera se establecen diferentes categorías de uso para luego determinar las cargas a considerar en las diferentes unidades del proyecto. Se muestran a continuación las clasificaciones y valores usuales para entresijos y cubiertas en obras de Edificación:



Category	Specific Use	Example
A	Areas for domestic and residential activities	Rooms in residential buildings and houses; bedrooms and wards in hospitals; bedrooms in hotels and hostels kitchens and toilets.
B	Office areas	
C	Areas where people may congregate (with the exception of areas defined under category A, B, and D <sup>1)</sup> )	<p><b>C1:</b> Areas with tables, etc. e.g. areas in schools, cafés, restaurants, dining halls, reading rooms, receptions.</p> <p><b>C2:</b> Areas with fixed seats, e.g. areas in churches, theatres or cinemas, conference rooms, lecture halls, assembly halls, waiting rooms, railway waiting rooms.</p> <p><b>C3:</b> Areas without obstacles for moving people, e.g. areas in museums, exhibition rooms, etc. and access areas in public and administration buildings, hotels, hospitals, railway station forecourts.</p> <p><b>C4:</b> Areas with possible physical activities, e.g. dance halls, gymnastic rooms, stages.</p> <p><b>C5:</b> Areas susceptible to large crowds, e.g. in buildings for public events like concert halls, sports halls including stands, terraces and access areas and railway platforms.</p>
D	Shopping areas	<p><b>D1:</b> Areas in general retail shops</p> <p><b>D2:</b> Areas in department stores</p>
<p><sup>1)</sup> Attention is drawn to 6.3.1.1(2), in particular for C4 and C5. See EN 1990 when dynamic effects need to be considered. For Category E, see Table 6.3</p> <p>NOTE 1 Depending on their anticipated uses, areas likely to be categorised as C2, C3, C4 may be categorised as C5 by decision of the client and/or National annex.</p> <p>NOTE 2 The National annex may provide sub categories to A, B, C1 to C5, D1 and D2</p> <p>NOTE 3 See 6.3.2 for storage or industrial activity</p>		

**Table 6.5.** Categories of storage and industrial use from the UK National Annex to EN1991-1

Category	Specific use	Examples (sub-categories)
E1	Areas susceptible to accumulation of goods, including access areas	E1: General areas for static equipment not specified elsewhere (institutional and public buildings) E1 1: Reading rooms with book storage, e.g. libraries E1 2: General storage other than those specified E1 3: File rooms, filing and storage space (offices) E1 4: Stack rooms (books) E1 5: Paper storage for printing plants and stationery stores E1 6: Dense mobile stacking (books) on mobile trolleys, in public and institutional buildings E1 7: Dense mobile stacking (books) on mobile trucks, in warehouses E1 8: Cold storage
E2	Industrial use	

Categories of loaded area	Specific Use
H	Roofs not accessible except for normal maintenance and repair.
I	Roofs accessible with occupancy according to categories A to D
K	Roofs accessible for special services, such as helicopter landing areas

Table 6.2 - Imposed loads on floors, balconies and stairs in buildings

Categories of loaded areas	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>Category A</b>		
- Floors	1,5 to <u>2,0</u>	<u>2,0</u> to 3,0
- Stairs	<u>2,0</u> to 4,0	<u>2,0</u> to 4,0
- Balconies	<u>2,5</u> to 4,0	<u>2,0</u> to 3,0
<b>Category B</b>	2,0 to <u>3,0</u>	1,5 to <u>4,5</u>
<b>Category C</b>		
- C1	2,0 to <u>3,0</u>	3,0 to <u>4,0</u>
- C2	3,0 to <u>4,0</u>	2,5 to 7,0 ( <u>4,0</u> )
- C3	3,0 to <u>5,0</u>	<u>4,0</u> to 7,0
- C4	4,5 to <u>5,0</u>	3,5 to <u>7,0</u>
- C5	<u>5,0</u> to 7,5	3,5 to <u>4,5</u>
<b>category D</b>		
- D1	<u>4,0</u> to 5,0	3,5 to 7,0 ( <u>4,0</u> )
- D2	4,0 to <u>5,0</u>	3,5 to <u>7,0</u>

NOTE Values for  $q_k$  and  $Q_k$  are given in Table 6.2 below. Where a range is given in this table, the value may be set by the National annex. The recommended values, intended for separate application, are underlined.  $q_k$  is intended for determination of general effects and  $Q_k$  for local effects. The National annex may define different conditions of use of this Table.

Table 6.4 - Imposed loads on floors due to storage

Categories of loaded areas	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>Category E1</b>	7,5	7,0

NOTE Recommended values for  $q_k$  and  $Q_k$  are given in Table 6.4 below. The values may be changed if necessary according to the usage (see Table 6.3 and Annex A) for the particular project or by the National annex.  $q_k$  is intended for determination of general effects and  $Q_k$  for local effects. The National annex may define different conditions of use of Table 6.4.

En lo que refiere a posibles zonas de acopio o de acumulación de bienes, la magnitud de las cargas indicada es orientativa y dependen de cada proyecto en cuestión. Se agregan algunos datos de referencia extraídos de “Designers’ Guides to the Eurocodes I: Actions on Buildings – EN 1991-1-1 and -1-3 to -1-7” emitidos por Institution of Civil Engineers (ICE).

**Table 6.6a.** Imposed floor loads due to storage from the UK National Annex to EN 1991-1-1

Category of loaded areas	$q_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	$Q_k$ (kN)
Category EI	2.0	1.8
• E11	–	–
• E12	2.4 for each metre of storage height	7.0
• E13	5.0	4.5
• E14	–	–
• E15	–	–
• E16	–	–
• E17	–	–
• E18	5.0 for each metre of storage height but with a minimum of 15.0	9.0

**Table 6.6b.** Imposed loads on floors for areas of industrial use

Category of loaded area	Examples of specific use	$q_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	$Q_k$ (kN)
E2 (industrial use)	Communal kitchens except those covered by occupancy class A in Table NA.3	3.0	4.5
	Operating theatres, X-ray rooms, utility rooms	2.0	4.5
	Work rooms (light industrial) without storage	2.5	1.8
	Kitchens, laundries, laboratories	3.0	4.5
	Rooms with mainframe computers or similar equipment	3.5	4.5
	Machinery halls, circulation spaces therein	4.0	4.5
	Cinematographic projection rooms	5.0	To be determined for specific use
	Factories, workshops and similar buildings (general industrial)	5.0	4.5
	Foundries	20.0	To be determined for specific use
	Catwalks	–	1.0 at 1 m centres
	Fly galleries (i.e. access structures used in theatres to hang scenery, curtains, etc.)	4.5 kN/m run distributed uniformly over width	–
	Ladders	–	1.5 rung load

Roof	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>Category H</b>	$q_k$	$Q_k$
NOTE 1 For category H $q_k$ may be selected within the range 0,00 kN/m <sup>2</sup> to 1,0 kN/m <sup>2</sup> and $Q_k$ may be selected within the range 0,9 kN to 1,5 kN.  Where a range is given the values may be set by the National Annex. The recommended values are:  $q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$ , $Q_k = 1,0 \text{ kN}$  NOTE 2 $q_k$ may be varied by the National Annex dependent upon the roof slope.  NOTE 3 $q_k$ may be assumed to act on an area $A$ which may be set by the National Annex. The recommended value for $A$ is 10 m <sup>2</sup> , within the range of zero to the whole area of the roof.  NOTE 4 See also 3.3.2 (1)		

Adicionalmente, en función de las disposiciones de superficie, etc. se disponen de algunas posibles reducciones en las magnitudes de las cargas uniformes a considerar. Dichos lineamientos se desarrollan en el capítulo 6 de la norma EN 1991-1-1.

### 3.2.3. Casos de espacios destinados a estacionamiento y tránsito de vehículos

En las obras de edificación se suelen tener espacios destinados a estacionamiento. Para la norma EN 1991-1-1 se tiene dos clasificaciones posibles para los espacios destinados a estacionamiento dependiendo del tipo de vehículo que puede ingresar a los mismos.

Table 6.7 – Traffic and parking areas in buildings

Categories of traffic areas	Specific Use	Examples
F	Traffic and parking areas for light vehicles ( $\leq 30$ kN gross vehicle weight and $\leq 8$ seats not including driver)	garages; parking areas, parking halls
G	Traffic and parking areas for medium vehicles ( $>30$ kN, $\leq 160$ kN gross vehicle weight, on 2 axles)	access routes; delivery zones; zones accessible to fire engines ( $\leq 160$ kN gross vehicle weight)

Se tienen las siguientes magnitudes de cargas para las diferentes clasificaciones:

Table 6.8 – Imposed loads on garages and vehicle traffic areas

Categories of traffic areas	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>Category F</b>		
Gross vehicle weight: $\leq 30$ kN	$q_k$	$Q_k$
<b>Category G</b>		
$30 \text{ kN} < \text{gross vehicle weight} \leq 160 \text{ kN}$	5,0	$Q_k$

**NOTE 1** For category F,  $q_k$  may be selected within the range 1,5 to 2,5 kN/m<sup>2</sup> and  $Q_k$  may be selected within the range 10 to 20 kN.

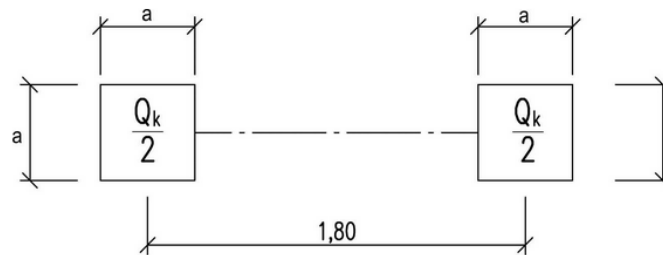
**NOTE 2** For category G,  $Q_k$  may be selected within the range 40 to 90 kN.

**NOTE 3** Where a range of values are given in Notes 1 & 2, the value may be set by the National annex.

The recommended values are underlined.

**NOTE**  $q_k$  is intended for determination of general effects and  $Q_k$  for local effects. The National annex may define different conditions of use of this Table.

(2) The axle load should be applied on two square surfaces with a 100 mm side for category F and a 200 mm side for Category G in the possible positions which will produce the most adverse effects of the action.



La norma UNIT 33-91 también establece cargas para este tipo de acciones.

### 3.2.4. Cargas de equipamiento Ascensores

Es común disponer en los proyectos de Edificación de equipamientos para elevación de personas, esto es equipos tipo ascensores, etc.

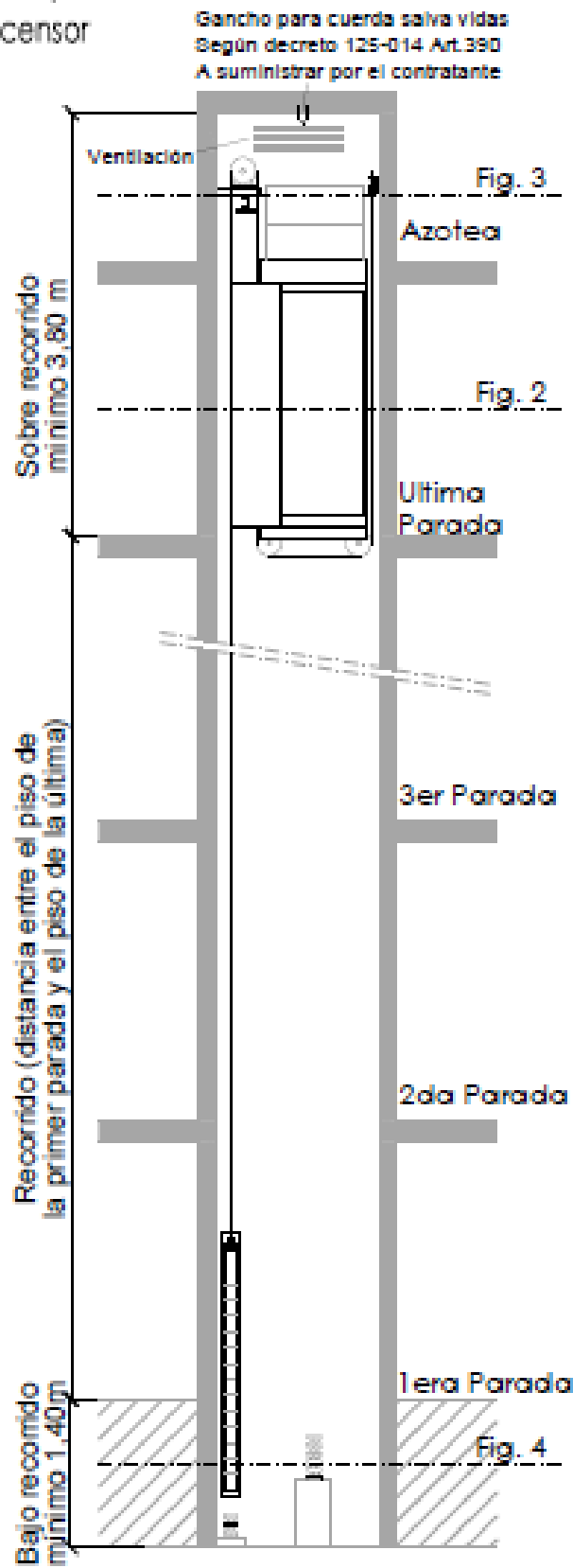
Las cargas a considerar dependen del fabricante que suministre el equipo. Por este motivo, es recomendable intentar obtener datos certeros de un proveedor dado. A efectos de disponer de valores netamente orientativos, la norma UNIT 33-91 por ejemplo establece las siguientes cargas para Sala de máquinas para ascensor de uso corriente:

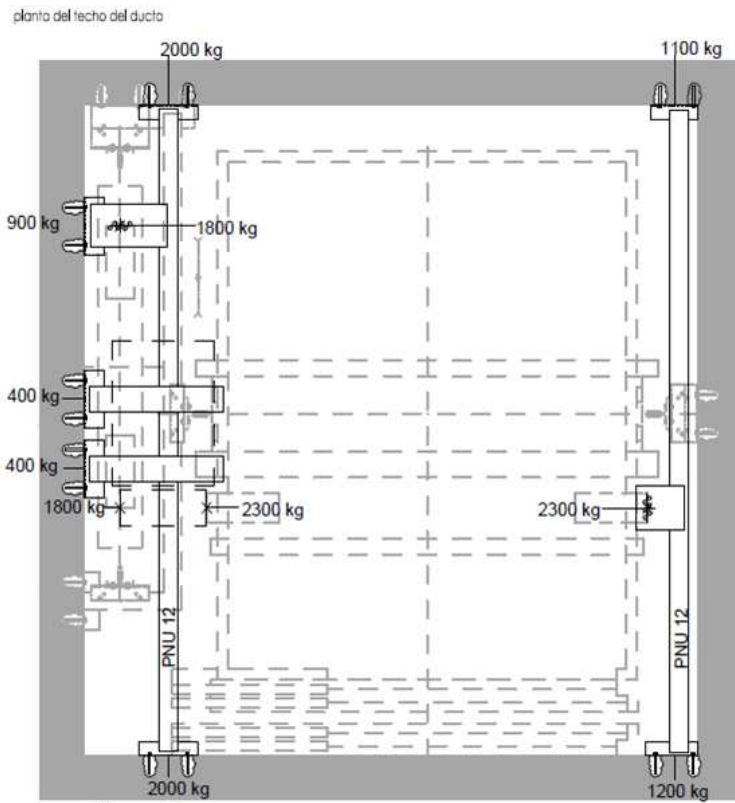
- $Q_k = 2.5 \text{ kN/m}^2$ , carga distribuida a considerar en la sala.
- $P_k > 60 \text{ kN}$ , carga puntual del equipo.

La disposición y forma de introducción de las cargas dependen del diseño del equipo.

Se presenta a continuación de forma ilustrativa los detalles constructivos y disposición de cargas de un equipamiento de ascensor disponible en mercado.

figura 1 escala 1/100  
ducto del ascensor



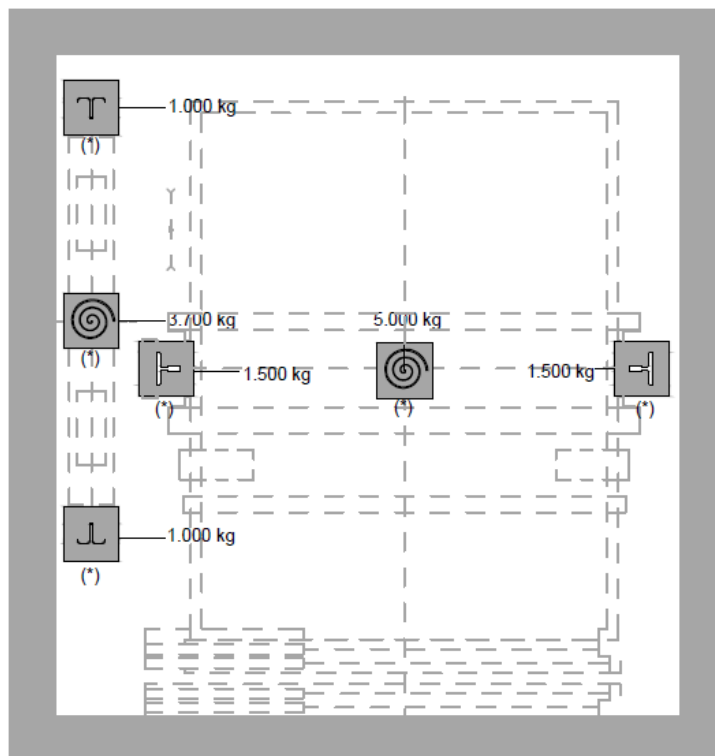


Observación:

- La estructura que soporta la máquina y los anclajes de los cables puede variar según existan o no las pantallas de hormigón necesarias para anclar las grampas
- El gancho se ubicará en el centro de la línea que une las guías de cabina.
- Las cargas transmitidas al ducto pueden variar según los largos de los perfiles colocados y la ubicación final de la máquina y los anclajes de los cables.



planta en el fondo del ducto



(\*) Bases de hormigón  
Las mismas son realizadas por el cliente  
y deben ser capaces de soportar las cargas indicadas

### 3.2.5. Caso particular de cargas debidas a tránsito de montacargas.

A continuación, se presenta meramente a título informativo las posibles cargas a considerar debido al tránsito de equipos como montacargas. Dichos equipamientos son típicos en obras que involucren entresijos o pavimentos para edificios industriales.

Particularmente en la norma EN 1991-1-1 se pueden encontrar casos típicos de montacargas a considerar con sus cargas, distribuciones de cargas e impactos asociados. Cabe mencionar que en los proyectos industriales se puede llegar a disponer de datos provenientes de un fabricante el cual pueda tener precisiones más exactas al momento de evaluar estas cargas de tránsito.

Estos equipos se caracterizan por cargar principalmente sobre el eje delantero (dónde se transportan los pallets), en general se tienen montacargas de diferentes capacidades:

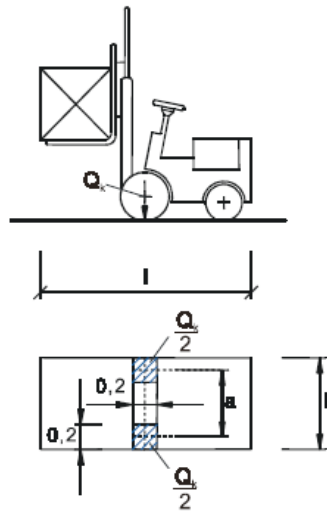


Figure 6.1 - Dimensions of forklifts

Class of Forklift	Net weight [kN]	Hoisting load [kN]	Width of axle $a$ [m]	Overall width $b$ [m]	Overall length $l$ [m]
FL 1	21	10	0,85	1,00	2,60
FL 2	31	15	0,95	1,10	3,00
FL 3	44	25	1,00	1,20	3,30
FL 4	60	40	1,20	1,40	4,00
FL 5	90	60	1,50	1,90	4,60
FL 6	110	80	1,80	2,30	5,10

Class of forklifts	Axle load $Q_x$ [kN]
FL 1	26
FL 2	40
FL 3	63
FL 4	90
FL 5	140
FL 6	170

Se tienen además efectos dinámicos debido al tránsito del equipamiento sobre la superficie en cuestión. Estos dependen de la rigidez de los neumáticos de tránsito del montacargas.

The static vertical axle load  $Q_k$  should be increased by the dynamic factor  $\varphi$  using expression (6.3).

$$Q_{k,dyn} = \varphi Q_k$$

where:

$Q_{k,dyn}$  is the dynamic characteristic value of the action;

$\varphi$  is the dynamic magnification factor;

$Q_k$  is the static characteristic value of the action.

The dynamic factor  $\varphi$  for forklifts takes into account the inertial effects caused by acceleration and deceleration of the hoisting load and should be taken as:

$\varphi = 1,40$  for pneumatic tyres,

$\varphi = 2,00$  for solid tyres.

Adicionalmente, se deben considerar cargas horizontales debidas a la aceleración y frenado de estos equipos. Ante la falta de datos precisos, el EN 1991-1-1 recomienda considerar un 30% de la carga estática  $Q_k$  del montacarga.

### 3.3. Acciones Variables (Q) en proyectos de obras de Edificación. Cargas Laterales.

En este apartado se desarrollan brevemente las posibles cargas laterales a tener en cuenta en los proyectos de edificación. Cabe decir que las cargas a considerar para este caso pueden depender del proyecto en particular.

No se incluyen acciones de tipo sísmicas, las cuales en general no son de aplicación en este medio. Quien esté interesado en profundizar sobre este tipo de acciones puede ahondar sobre el tema tanto en la norma EN 1998 como en la norma ASCE 7.

#### 3.3.1. Cargas debidas a la acción del viento

Las cargas de viento se determinan en función de algunos parámetros mencionados anteriormente, como por ejemplo el período de retorno considerado para determinar la velocidad característica del viento el cual se asocia con la vida útil de proyecto para la estructura

Las acciones del viento se determinan con procedimientos usuales a partir de lo establecido en la norma **UNIT 50-84** (cómo se dicta en el curso de Estructuras Metálicas) o mediante los lineamientos de la norma **EN 1991-4 – Wind Actions** por ejemplo.

Cómo comentario meramente informativo, se debe tener especial cuidado con el criterio con el cual se establece el parámetro de velocidad característica de viento con la norma que esté trabajando. Observar que el criterio de evaluación de la velocidad característica que utilizan las normas UNIT 50-84 y EN 1991-4 no son los mismos. En caso de utilizar datos de una norma sin realizar las conversiones pertinentes, se obtendrá valores erróneos de las presiones de cálculo.

En lo que refiere a las velocidades características de viento, la norma UNIT 50-84 establece los siguientes valores:

- Para todos los lugares ubicados a una distancia menor o igual a 25 Km de cualquier punto de los márgenes del Rio Uruguay y del Rio de la plata o de la costa Atlántica  $v_k=43,9$  m/s
- Para todos los lugares ubicados en el resto del territorio nacional  $v_k=37,5$  m/s

- La velocidad característica según la norma UNIT 50-84 es la velocidad media de una ráfaga de 3 segundos de duración medida a 10 metros de altura sobre el terreno, en campo abierto sin obstáculos (Rugosidad I según dicha norma).
- Se considera un período de retorno de 20 años. Se debe ajustar la velocidad característica al período de retorno acorde al proyecto correspondiente.

### 3.3.2. Otras cargas laterales. Parapetos, particiones actuando cómo barreras, etc.

Al igual que las sobre cargas de uso, se determinan las cargas horizontales según el tipo de uso de los espacios en cuestión. Se deben considerar el punto de aplicación de las cargas en la parte superior del elemento con una altura relativa al piso inferior a 1.2m.

Los valores a considerar según EN 1991-1-1 son los siguientes:

Loaded areas	$q_k$ [kN/m]
Category A	$q_k$
Category B and C1	$q_k$
Categories C2 –to C4 and D	$q_k$
Category C5	$q_k$
Category E	$q_k$
Category F	See Annex B
Category G	See Annex B
NOTE 1 For categories A, B and C1, $q_k$ may be selected within the range 0,2 to 1,0 (0,5).	
NOTE 2 For categories C2 to C4 and D $q_k$ may be selected within the range 0,8 kN/m –to <u>1,0</u> kN/m.	
NOTE 3 For category C5 $q_k$ may be selected within the range <u>3,0</u> kN/m to 5,0 kN/m.	
NOTE 4 For category E $q_k$ may be selected within the range 0,8 kN/m to <u>2,0</u> kN/m. For areas of category E the horizontal loads depend on the occupancy. Therefore the value of $q_k$ is defined as a minimum value and should be checked for the specific occupancy.	
NOTE 5 Where a range of values is given in Notes 1, 2, 3 and 4, the value may be set by the National Annex. The recommended value is underlined.	
NOTE 6 The National Annex may prescribe additional point loads $Q_k$ and/or hard or soft body impact specifications for analytical or experimental verification.	

### 3.3.3. Acciones Variables (Q) debidas a empujes de Suelo

En el caso de elementos de contención, se deben tener en cuentas empujes de suelo y eventuales acciones debidas al nivel freático. Este tipo de acciones son importantes en sectores cómo sótanos, dónde

además de los empujes de suelo, el nivel freático puede generar sub - presiones tal que se generen acciones en los pisos de las zonas dónde se encuentran las contenciones.

En lo que refiere a la determinación de las cargas debido a posibles empujes de suelo, se obtienen a partir de los conceptos adquiridos en los cursos de mecánica de suelos. De esta manera las acciones dependen de lo siguiente:

- Densidad del suelo (incluyendo posibles variaciones de humedad)
- Angulo de rozamiento interno del suelo
- Cohesión del suelo
- Condiciones de drenaje del suelo
- OCR (Over Consolidation Ratio) del Suelo en cuestión

Se presentan a continuación algunos datos orientativos:

Tabla D.26. Valores orientativos de densidades de suelos

Tipo de suelo	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )
Grava	20 – 22	15 – 17
Arena	18 – 20	13 – 16
Limo	18 – 20	14 – 18
Arcilla	16 – 22	14 – 21

Tabla D.27. Propiedades básicas de los suelos

Clase de suelo		Peso específico aparente (kN/m <sup>3</sup> )	Ángulo de rozamiento interno
Terreno natural	Grava	19 – 22	34° - 45°
	Arena	17 – 20	30° - 36°
	Limo	17 – 20	25 – 32°
	Arcilla	15 – 22	16° – 28°
Rellenos	Tierra vegetal	17	25°
	Terraplén	17	30°
	Pedraplén	18	40°

Tabla D.28. Valores orientativos del coeficiente de Permeabilidad

Tipo de suelo	$k_z$ (m/s)
Grava limpia	$> 10^{-2}$
Arena limpia y mezcla de grava y arena limpia	$10^{-2} - 10^{-5}$
Arena fina, limo, mezclas de arenas, limos y arcillas	$10^{-5} - 10^{-9}$
Arcilla	$< 10^{-9}$

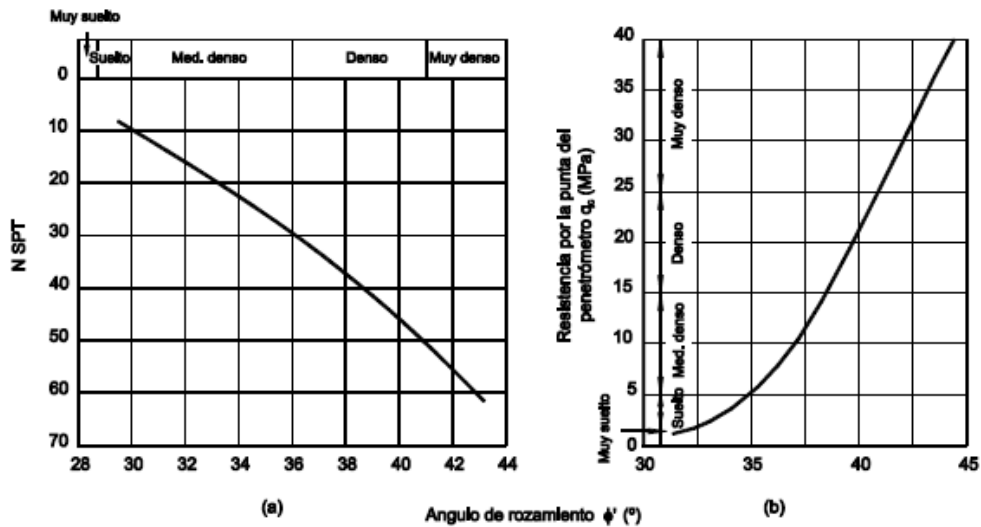
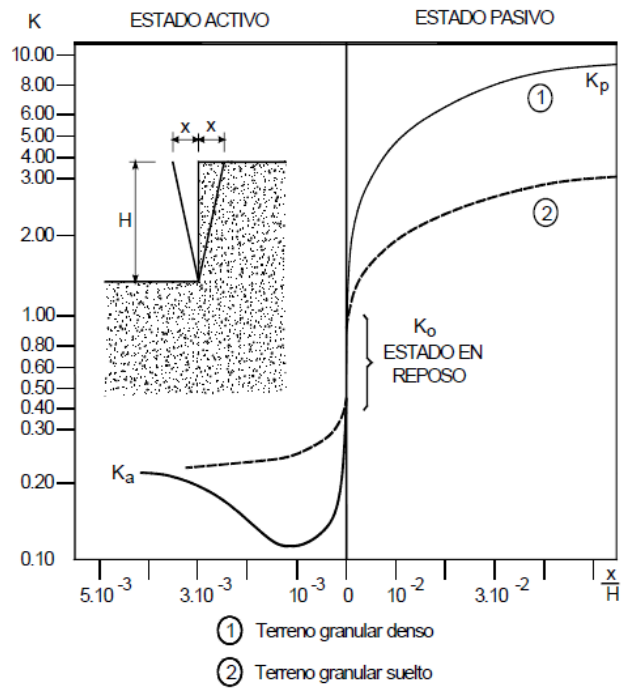


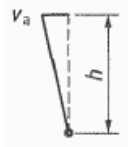
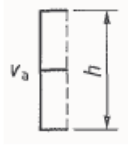

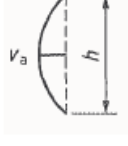
Figura D.1. Correlación entre los ensayos SPT y CPT con el ángulo de rozamiento interno efectivo en suelos granulares

Particularmente la norma **EN 1997-1** da una guía clara de cómo determinar los empujes de suelo sobre elementos de contención. El **DB-SE-C del Código Técnico de la Edificación** emitido por el ministerio de Fomento de España también establece directivas claras relativas a las acciones debidas a empujes de suelo. El lector puede revisar y profundizar los conceptos sobre estos temas en dichas referencias.

Cabe destacar que el suelo se puede encontrar en estado de reposo, en estado activo, en estado pasivo, así como también en estados intermedios. Es importante tener en cuenta que el tipo de acción se vincula al estado que pueda desarrollar el suelo, lo cual depende de la deformabilidad de la estructura. A continuación, se presenta una gráfica extradida del EN 1997-1 la cual da una guía de cómo se comporta un suelo granular en función de deformación de un muro. Se presentan adicionalmente algunas relaciones más presentadas en dicho documento para distintos tipos de suelo y esquemas de trabajo de los elementos de contención:



Kind of wall movement		$v_p/h$ loose soil %	$v_p/h$ dense soil %
a)		7 (1,5) to 25 (4,0)	5 (1,1) to 10 (2,0)
b)		5 (0,9) to 10 (1,5)	3 (0,5) to 5 (1,0)
c)		6 (1,0) to 15 (1,5)	5 (0,5) to 6 (1,3)
where: $v_p$ is the wall motion to mobilise passive earth pressure $h$ is the height of the wall			

Kind of wall movement	$v_a/h$ loose soil %	$v_a/h$ dense soil %
a) 	0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b) 	0,2	0,05 to 0,1
c) 	0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d) 	0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
where: $v_a$ is the wall motion to mobilise active earth pressure $h$ is the height of the wall		

Adicionalmente, el EN 1997-1 establece lo siguiente respecto a los datos geométricos referentes a los niveles de los rellenos para muros de contención:

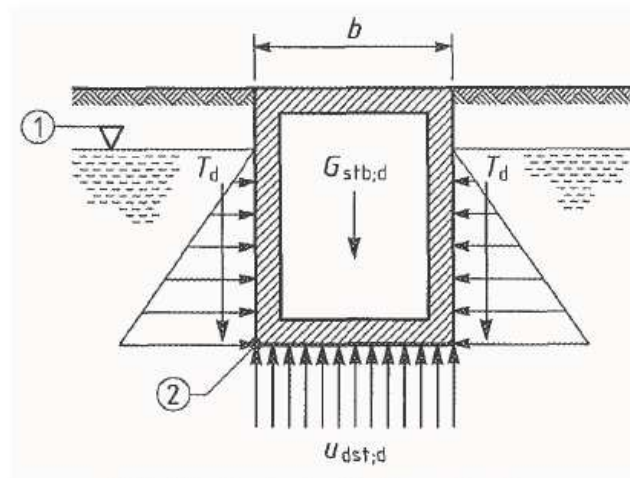
- Para muros ménsula, se debe considerar una variación de nivel de terreno ( $\Delta a$ ) igual al 10% de la altura del muro con un límite de 50 cm
- Para muro apoyado en varios bordes, se debe considerar una variación de nivel de terreno ( $\Delta a$ ) igual al 10% de la distancia entre el apoyo más bajo de la contención y el nivel de excavación con un límite de 50cm.

### 3.3.4. Acciones variables (Q) – Sub presión y empuje hidrostático.

La presencia de la napa freática es de especial importancia en el caso de estructuras enterradas.

Un claro ejemplo son los sótanos de las estructuras destinadas a edificación, dónde en caso de no poder disponer de drenajes, se pueden tener de sub – presiones importantes en los pavimentos así cómo también empujes laterales en los muros de contención.





a) Uplift of a buried hollow structure

- 1 (ground)-water table
- 2 water tight surface

Los datos de importancia para valorar este tipo de solicitaciones son los siguientes:

- Variación de la permeabilidad del suelo
- Variación en los niveles del nivel freático (nivel inferior y superior)
- Densidad del agua (valor que depende de datos como la salinidad del medio)
- Capacidad de disponer de drenajes para aliviar la presión de poros en el suelo.

En general los datos relativos a la posible presencia de la napa freática se obtienen a partir de los sondeos geotécnicos realizados en el área dónde se ejecutará el proyecto.

#### 4. Combinación de acciones

En función de las diferentes acciones, tanto las presentadas anteriormente, como acciones particulares que puedan existir en el proyecto en cuestión, se determinan los efectos sobre la estructura y sobre parte de ella. A partir de lo anterior, se deben realizar las diferentes combinaciones de acciones de manera de obtener los efectos más desfavorables sobre el elemento que se esté diseñando.

Las diferentes normativas disponibles para el diseño de estructuras establecen las diferentes combinaciones de acciones a considerar. De esta manera, las normas ACI o AISC disponen de un set de combinaciones ASD y LRFD establecidos por la norma ASCE 7, mientras que los euro - códigos por ejemplo disponen de los sets de combinaciones de carga establecidos en la norma EN 1990.

Se debe tener en cuenta que:

- Los efectos debidos a acciones que no pueden existir simultáneamente debido a razones funcionales o físicas no deben ser consideradas juntas en las combinaciones de acciones.
- Se dispone de combinaciones para verificaciones de Estado Límite Último (ULS)
- Se dispone de combinaciones para verificaciones de Estado Límite de Servicio (SLS)
- Se deben tener en cuenta posibles valores de simultaneidad según se describe en EN 1990

A continuación, se presentan las diferentes combinaciones de acciones (SLS y ULS) establecidos en el EN 1990. El lector puede ampliar los conceptos referentes a este tema en dicha norma.

#### 4.1. Combinaciones de Estado Límite Último (ULS)

Se tiene los siguientes Estados Límites Últimos relevante a ser verificados:

- EQU: Pérdida de estabilidad de la estructura o parte de la misma como cuerpo rígido.
- STR: Falla interna debida a deformación excesiva de la estructura o elementos estructurales, donde dominan la resistencia de los materiales.
- GEO: Falla debido geotécnicas
- FAT: Falla debida a fatiga en elementos estructuras.

En función de las diferentes acciones, materiales, secciones, etc, se debe verificar lo siguiente:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$$

where :

$E_{d,dst}$  is the design value of the effect of destabilising actions ;

$E_{d,stab}$  is the design value of the effect of stabilising actions.

$$E_d \leq R_d$$

where :

$E_d$  is the design value of the effect of actions such as internal force, moment or a vector representing several internal forces or moments ;

$R_d$  is the design value of the corresponding resistance.

Se presentan a continuación los diferentes Sets de Estados Límites Últimos a considerar:

- Combinación fundamental, persistente o transitoria:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Combinación para acciones accidentales:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ or } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

The choice between  $\psi_{1,1} Q_{k,1}$  or  $\psi_{2,1} Q_{k,1}$  should be related to the relevant accidental design situation (impact, fire or survival after an accidental event or situation).

Dónde los factores  $\psi$  corresponden a los factores de simultaneidad presentados anteriormente.

Table A1.2(A) - Design values of actions (EQU) (Set A)

Persistent and transient design situations	Permanent actions		Leading variable action (*)	Accompanying variable actions	
	Unfavourable	Favourable		Main (if any)	Others
(Eq. 6.10)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

(\*) Variable actions are those considered in Table A1.1

NOTE 1 The  $\gamma$  values may be set by the National annex. The recommended set of values for  $\gamma$  are :

$$\gamma_{Gj,sup} = 1,10$$

$$\gamma_{Gj,inf} = 0,90$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,50 \text{ where unfavourable (0 where favourable)}$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,50 \text{ where unfavourable (0 where favourable)}$$

NOTE 2 In cases where the verification of static equilibrium also involves the resistance of structural members, as an alternative to two separate verifications based on Tables A1.2(A) and A1.2(B), a combined verification, based on Table A1.2(A), may be adopted, if allowed by the National annex, with the following set of recommended values. The recommended values may be altered by the National annex.

$$\gamma_{Gj,sup} = 1,35$$

$$\gamma_{Gj,inf} = 1,15$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,50 \text{ where unfavourable (0 where favourable)}$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,50 \text{ where unfavourable (0 where favourable)}$$

provided that applying  $\gamma_{Gj,inf} = 1,00$  both to the favourable part and to the unfavourable part of permanent actions does not give a more unfavourable effect.

**Table A1.2(B) - Design values of actions (STR/GEO) (Set B)**

Persistent and transient design situations	Permanent actions		Leading variable action	Accompanying variable actions (*)		Persistent and transient design situations	Permanent actions		Leading variable action (*)	Accompanying variable actions (*)	
	Unfavourable	Favourable		Main (if any)	Others		Unfavourable	Favourable		Action	Main
(Eq. 6.10)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	(Eq. 6.10a)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
						(Eq. 6.10b)	$\xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

(\*) Variable actions are those considered in Table A1.1

NOTE 1 The choice between 6.10, or 6.10a and 6.10b will be in the National annex. In case of 6.10a and 6.10b, the National annex may in addition modify 6.10a to include permanent actions only.

NOTE 2 The  $\gamma$  and  $\xi$  values may be set by the National annex. The following values for  $\gamma$  and  $\xi$  are recommended when using expressions 6.10, or 6.10a and 6.10b.

$\gamma_{Gj,sup} = 1,35$

$\gamma_{Gj,inf} = 1,00$

$\gamma_{Q,1} = 1,50$  where unfavourable (0 where favourable)

$\gamma_{Q,i} = 1,50$  where unfavourable (0 where favourable)

$\xi = 0,85$  (so that  $\xi \gamma_{Gj,sup} = 0,85 \times 1,35 \cong 1,15$ ).

See also EN 1991 to EN 1999 for  $\gamma$  values to be used for imposed deformations.

NOTE 3 The characteristic values of all permanent actions from one source are multiplied by  $\gamma_{G,sup}$  if the total resulting action effect is unfavourable and  $\gamma_{G,inf}$  if the total resulting action effect is favourable. For example, all actions originating from the self weight of the structure may be considered as coming from one source ; this also applies if different materials are involved.

NOTE 4 For particular verifications, the values for  $\gamma_G$  and  $\gamma_Q$  may be subdivided into  $\gamma_g$  and  $\gamma_q$  and the model uncertainty factor  $\gamma_{sd}$ . A value of  $\gamma_{sd}$  in the range 1,05 to 1,15 can be used in most common cases and can be modified in the National annex.

**Table A1.2(C) - Design values of actions (STR/GEO) (Set C)**

Persistent and transient design situation	Permanent actions		Leading variable action (*)	Accompanying variable actions (*)	
	Unfavourable	Favourable		Main (if any)	Others
(Eq. 6.10)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

(\*) Variable actions are those considered in Table A1.1

NOTE The  $\gamma$  values may be set by the National annex. The recommended set of values for  $\gamma$  are :

$\gamma_{Gj,sup} = 1,00$

$\gamma_{Gj,inf} = 1,00$

$\gamma_{Q,1} = 1,30$  where unfavourable (0 where favourable)

$\gamma_{Q,i} = 1,30$  where unfavourable (0 where favourable)

## 4.2. Combinaciones de Estado Límite Servicio (SLS)

Se disponen de diferentes combinaciones de acciones para verificaciones de Estado Límite de Servicio según la naturaleza del efecto que éstas puedan llegar a generar.

Estas se deben considerar para tener en cuenta las situaciones de diseño relevantes y para las condiciones de diseño requeridas por el proyecto en particular.

Se debe verificar entonces lo siguiente:

$$E_d \leq C_d$$

where :

$C_d$  is the limiting design value of the relevant serviceability criterion.

$E_d$  is the design value of the effects of actions specified in the serviceability criterion, determined on the basis of the relevant combination.

Las diferentes combinaciones a considerar son las siguientes:

- Combinación característica

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Combinación Frecuente

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Combinación Cuasi Permanente

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Dónde los factores  $\psi$  corresponden a los factores de simultaneidad presentados anteriormente.

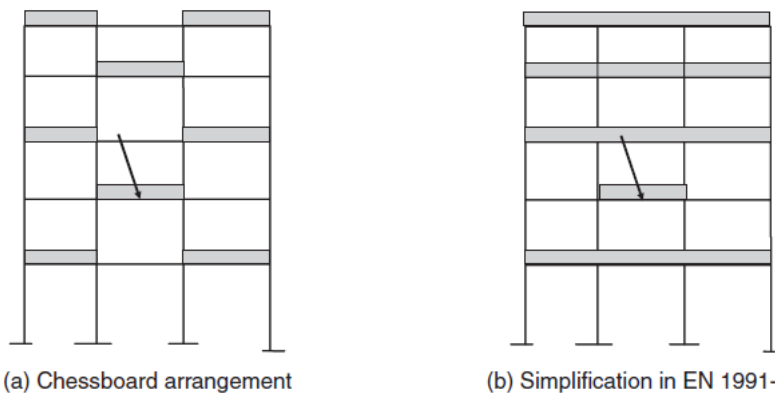
Combination	Permanent actions $G_d$		Variable actions $Q_d$	
	Unfavourable	Favourable	Leading	Others
Characteristic	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,i}Q_{k,i}$
Frequent	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$\psi_{1,1}Q_{k,1}$	$\psi_{2,i}Q_{k,i}$
Quasi-permanent	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$\psi_{2,1}Q_{k,1}$	$\psi_{2,i}Q_{k,i}$

### 4.3. Comentarios relativos a la disposición de las Acciones Variables (Q)

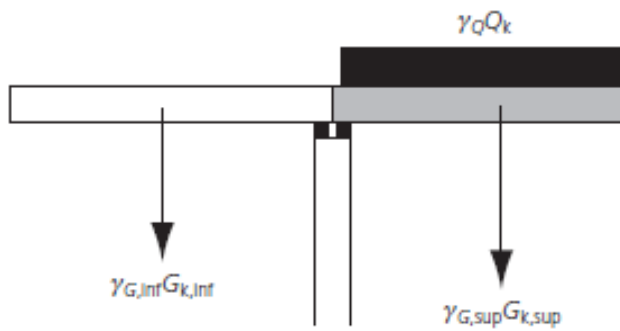
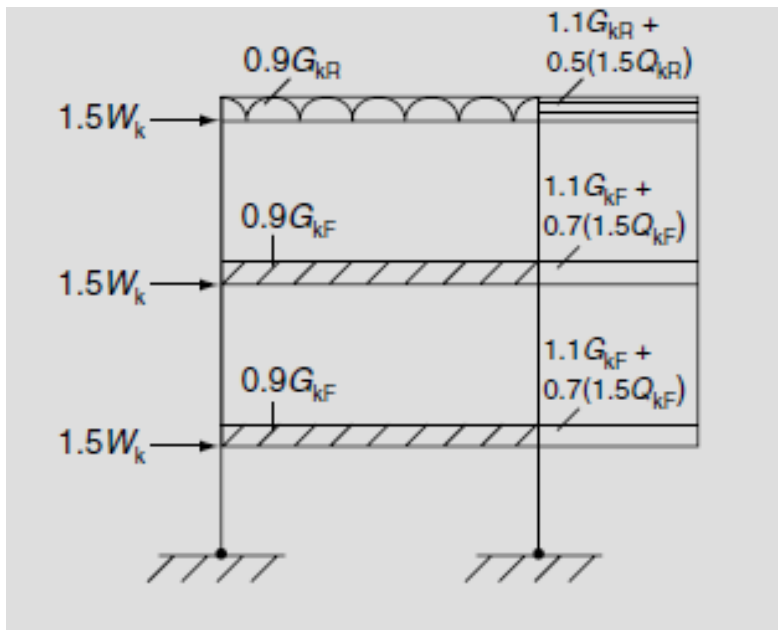
Las acciones variables deben ser tratadas como acciones libres para las cuales hay que estudiar la posición más desfavorable, siendo esta la que pueda generar el peor efecto sobre la estructura o parte de la misma.

Para el caso de entresijos, por ejemplo, puede llegar a tener que considerarse las acciones aplicadas sobre otros niveles como acciones fijas, en el caso de que estas generen efectos en el elemento que está bajo estudio.

Se presentan algunos ejemplos para fijar ideas en los cuales se muestra además la interacción con otras acciones posibles:



Mid-span bending moment of a floor structure (arrow points to element under consideration)



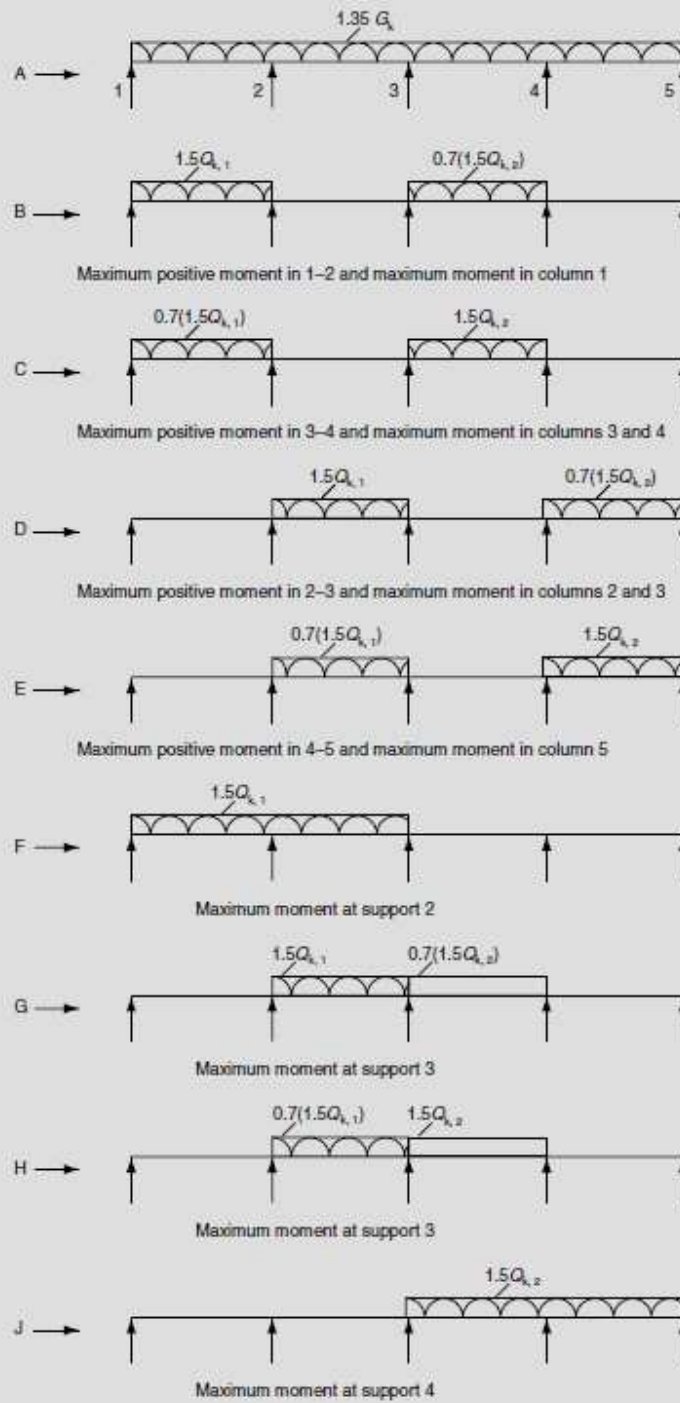


Fig. 2.7. Load cases (Example 2.2)



## 5. Referencias

- EN 1990:2002 – Eurocode – Basis of Structural design
- EN 1991:2002 – Eurocode I – Action on Structures
- Designers’s Guide to Eurocode: Basis of Structural Design EN 1990, Second Edition
- Designers’s Guide to Eurocode I: Actions on Buildings, EN 1991-1-1 and 1-3 to 1-7