ANEJO Nº 3

CÁLCULOS ESTRUCTURALES

ANEJO Nº 3
CÁLCULOS ESTRUCTURALES

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. MATERIALES

3. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

4. DIMENSIONAMIENTO DEL MURO

4.1. CARGAS CONSIDERADAS

4.1.1. Cargas permanentes

4.1.2. Empuje del terreno

4.1.3. Sobrecarga de uso

4.1.4. Empuje hidrostático

4.1.5. Acción sísmica

4.2. CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO

4.3. DATOS GENERALES

4.4. RESULTADOS

5. CÁLCULOS ESTRUCTURALES

5.1. ACCIONES

5.1.1. Peso propio

5.1.2. Cargas muertas

5.1.3. Cargas del terreno

5.1.4. Nivel freático y subpresión

5.1.5. Sobrecargas de uso

5.1.6. Viento

5.1.7. Nieve

5.1.8. Cargas térmicas

5.1.9. Sismo

5.2. COMBINACIONES DE ACCIONES

5.3. CÁLCULO Y ARMADO

5.4. LISTADOS DE CÁLCULOS POR ORDENADOR

5.4.1. Opciones de cálculo de kioscos

5.4.2. Opciones de cálculo de muros

ANEJO Nº 3
CÁLCULOS ESTRUCTURALES

1. INTRODUCCIÓN

Se exponen en el presente anejo tanto los cálculos estructurales del muro de contención de tierras proyectado, como los de los edificios de los kioscos y los destinados a albergar los aseos y los de la cimentación de las pérgolas.

El muro de contención, situado en la Fase II del parque para salvar un desnivel de cotas de como máximo 1,45 m, será de hormigón armado, tendrá una altura de 1,70 m, un espesor de 30 cm y dispondrá de una zapata de 35 cm de canto, 1,4 m de ancho en la zona del talón y 0,3 m de ancho en la zona de la puntera. Dispondrá de juntas verticales de contracción con armadura horizontal interrumpida cada 5 m y de juntas de dilatación cada 20 metros.

Por su lado, los edificios de los kioscos y los aseos son muy similares: están formados por un forjado circular de chapa colaborante de 18 cm de canto total y 2,5 m de diámetro en el caso de los aseos y 5 m de diámetro en el de los quioscos, apoyado sobre unas vigas de acero LPN 180.15 soportadas por unos pilares (8 en el caso de los quioscos, 4 en el de los aseos) compuestos por dos perfiles de acero UPN-100, que se unen a una losa de cimentación octogonal de hormigón armado de 30 cm de canto mediante unas placas de anclaje de acero cuadradas de 25 cm de lado y 2 cm de espesor.

Para el cálculo de los elementos de hormigón el análisis se ha efectuado siguiendo los principios generalmente admitidos en el cálculo estructural, a partir de los preceptos fundamentales de la Resistencia de

Materiales y la Teoría de la Elasticidad. Se introduce la seguridad a través de los estados límites últimos, realizando un cálculo en agotamiento a nivel de sección, tal como preconiza la normativa vigente EHE. Se admiten las hipótesis básicas de un cálculo lineal, con las simplificaciones de la teoría de primer orden y considerando válido el principio de superposición de esfuerzos.

A partir de las solicitaciones más desfavorables correspondientes a las combinaciones pésimas de las hipótesis elementales se ha obtenido el armado de las diferentes secciones.

Para los elementos de acero la comprobación de la estabilidad estática y de la estabilidad elástica, el cálculo de las tensiones y el cálculo de las deformaciones se realizarán por los métodos establecidos en el Código Técnico de la Edificación (en adelante C.T.E.), basados en la mecánica y en general en la Teoría de la Elasticidad. Se admite que la deformación de una estructura es aceptable cuando, mediante cálculos realizados por los métodos mencionados y sometiendo la estructura a las acciones características en la combinación que resulte más desfavorable, se comprueba que las deformaciones calculadas no sobrepasan en ningún punto los límites de deformación prescritos.

Por su lado, también se utilizarán los estados límites últimos para la comprobación de la estructura ante la pérdida de la capacidad portante del terreno de la cimentación por hundimiento, deslizamiento o vuelco y la pérdida de la estabilidad global del terreno en el entorno próximo a la cimentación. En estos estados límite últimos se introducirán los coeficientes de seguridad parciales indicados en la tabla 2.1 del documento básico SE-C del Código técnico de la edificación (en adelante CTE), parte de la cual se reproduce a continuación:

		Materiales		Acciones	
		γ_R	γ_M	γ_E	γ_F
Situación persistente o transitoria	Hundimiento	3,0	1,0	1,0	1,0
	Deslizamiento	1,5	1,0	1,0	1,0
	Vuelco				
	Ac. estabilizadoras	1,0	1,0	0,9	1,0
	Ac. desestabilizadoras	1,0	1,0	1,8	1,0
	Estabilidad global	1,0	1,8	1,0	1,0
	Capacidad estructural			1,6	1,0
Situación extraordinaria	Hundimiento	2,0	1,0	1,0	1,0
	Deslizamiento	1,1	1,0	1,0	1,0
	Vuelco				
	Ac. estabilizadoras	1,0	1,0	0,9	1,0
	Ac. desestabilizadoras	1,0	1,0	1,2	1,0
	Estabilidad global	1,0	1,2	1,0	1,0
	Capacidad estructural			1,0	1,0

2. MATERIALES

Los materiales a utilizar serán los siguientes:

Zona	Hormigón	Fck(N/mm^2)
Muro	HA-30/B/25/IIa+Qa, Control Estadístico	30
Kioscos, Aseos y pérgolas	HA-30/P/25/IIa, Control Estadístico	30

Cemento
CEM II/A-D (SR)

Zona	Acero	Fyk(N/mm^2)
Todos	B-500-S, Control Estadístico	500

Elemento	Acero	σ (N/mm^2)
Todos	S275JR, Control Normal	275

Se ha considerado que se llevará a cabo un control de ejecución normal de la obra, con un control estadístico del hormigón. Los coeficientes de mayoración de las acciones desfavorables considerados serán de 1,35 para las acciones permanentes y 1,5 para las variables gravitatorias y permanentes de valor no constante, tal y como indican el C.T.E. y la EHE-08.

El recubrimiento nominal se fija en 35 mm para los kioscos, aseos y cimentación de pérgolas y en 50 mm para el muro de contención. La abertura máxima de fisuras se fija en 0,3 mm para las estructuras con ambiente de exposición de las armaduras II_a y 0,2 mm para las de ambiente $II_a + Q_a$. La diferencia de ambientes de exposición considerados para el muro de contención y el resto de estructuras se debe a que éste es el único elemento estructural que puede entrar en contacto con el terreno natural, terreno que según estudios geotécnicos de la zona puede presentar ataque químico por sulfatos.

3. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

Los parámetros del terreno se han tomado del estudio geotécnico del proyecto “Proyecto de defensa contra inundaciones del Arroyo Almonázar e integración de zonas degradadas en el municipio de La Rinconada (Sevilla)” actualmente en ejecución.

El sondeo S-7 de dicho estudio geotécnico indica que el terreno de la zona en la que se ejecutarán las obras del presente proyecto se compone de un nivel inicial de relleno antrópico de unos 0,4 m de espesor, a continuación un estrato de arena con algo de arcilla y grava marrón oscura aproximadamente hasta la cota -7 m y desde este estrato hasta el final del reconocimiento arcilla gris margosa de alta plasticidad con indicios de arena.

La tensión máxima transmitida al terreno deberá ser menor que aquella a la que se produce el fallo general del terreno, movilizándolo a lo largo de una superficie de deslizamiento que comienza bajo la cimentación y se extiende por fuera de la misma. La presión a la que esto ocurre se denomina capacidad de carga última y se puede estimar de la siguiente manera:

$$p_h = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c$$

γ – Peso específico del terreno.

B – Anchura del elemento de cimentación.

q – Carga que transmite el terreno que se encuentra por encima del plano de cimentación en el intradós.

c – Cohesión del terreno de cimentación.

N_γ, N_q y N_c – Parámetros que dependen del ángulo de rozamiento interno del terreno.

s_γ, s_q y s_c – Coeficientes que dependen de la forma de la cimentación y que, para cimentaciones rectangulares, se pueden calcular de la siguiente manera:

$$s_\gamma = \frac{1 + 0{,}2 \cdot B/L}{1 + B/L}$$

$$s_q = 1 + B/L \cdot \mathrm{tg}\,\phi$$

$$s_c = \frac{N_q \cdot s_q - 1}{N_q - 1}$$

donde L es la longitud del elemento de cimentación y ϕ es el ángulo de rozamiento interno del terreno.

i_γ, i_q e i_c – Coeficientes que dependen de la inclinación de la carga aplicada en la cimentación.

d_q y d_c – Coeficientes con los que se considera la influencia de la resistencia del terreno situado sobre el plano de cimentación en la zona del intradós.

Como la carga de hundimiento dependerá en gran medida de las dimensiones de la zapata del muro y del estado de carga del mismo, se comprobará que no se supera en ningún momento cuando se realice el dimensionamiento del muro.

Por otro lado, del estudio goetécnico se extrae que el suelo puede tener agresividad Qa por sulfatos y que presenta las siguientes características:

Densidad del terreno: 21,5 kN/m^3

Cohesión: 0,06

Ángulo de rozamiento interno: 33,08º

De cualquier manera, por mayor seguridad y para prevenir eventuales variaciones del terreno en el punto de cimentación con el evaluado en el sondeo S-5 del citado estudio geotécnico, en el cálculo estructural no se considerará la cohesión del terreno de cimentación y se redondeará su ángulo de rozamiento interno a 30º.

Por último, se considerará del lado de la seguridad un coeficiente de balasto de 1.000 T/m^3.

Por otro lado los kioscos y aseos, dada su escasa entidad estructural, cimentarán mediante losa sobre terreno de relleno, con lo que no se conocen a priori sus características.

De cualquier manera, del lado de la seguridad se han contemplado los siguientes parámetros geotécnicos a efectos del cálculo (que deberán ser debidamente comprobados antes del inicio de las obras):

Resistencia del terreno: 0,17 MPa

Coeficiente de balasto: 2,26 MPa/m

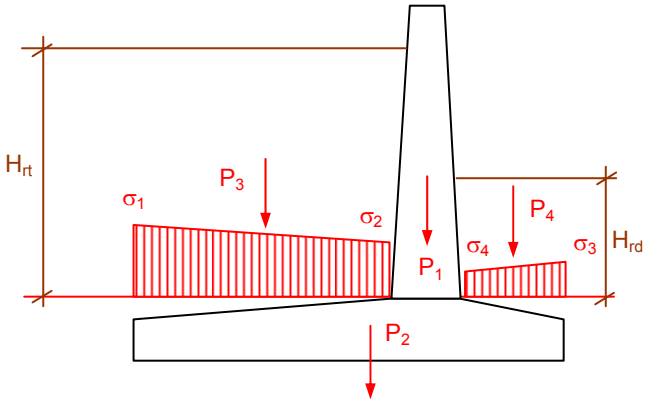
4. DIMENSIONAMIENTO DEL MURO

En este punto se dimensionará el muro atendiendo a los coeficientes de seguridad ante vuelco, deslizamiento y hundimiento y a la tensión admisible del terreno.

4.1. CARGAS CONSIDERADAS

A efectos sólo del dimensionamiento del muro se suponen las siguientes cargas:

4.1.1. Cargas permanentes

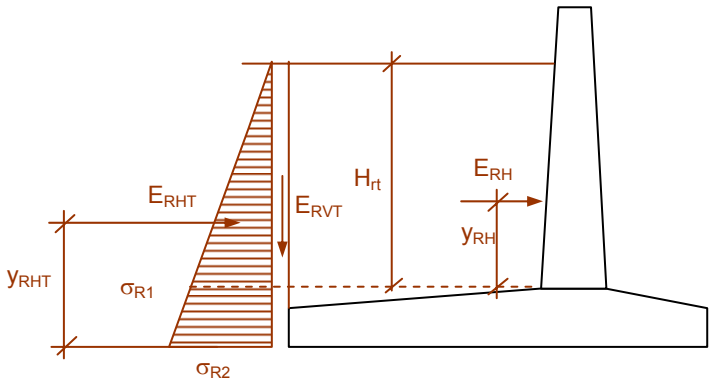


Las acciones P_1 y P_2 representan el peso propio del muro, mientras P_3 y P_4 representan el peso propio de los rellenos trasero y delantero respectivamente. Para el cálculo de estos pesos se aplicará la densidad saturada del terreno.

4.1.2. Empuje del terreno

Para el cálculo de la estabilidad a vuelco y deslizamiento se admitirá la simplificación de suponer que el empuje del relleno trasero se aplica sobre un trasdós virtual plano y vertical que pasa por el talón de la zapata (Norma ROM 02-90, ap. 3.4.2.2.a26).

El terreno situado entre ese plano y el trasdós real será considerado como parte del propio muro. Se podrá admitir un ángulo de rozamiento terreno-trasdós virtual de hasta 15º.



El significado de las variables representadas en la figura anterior es el siguiente:

σ_{R1} (T/m^2)	presión sobre el trasdós virtual a la altura del arranque del muro	= $k_a \cdot \gamma_{sat} \cdot H_{rt}$
σ_{R2} (T/m^2)	presión sobre el trasdós virtual a la altura de la base de la zapata	= $\sigma_{R1} + k_a \cdot \gamma_{sat} \cdot (h + H_z)$
E_{RH} (T/m)	empuje horizontal total sobre el paramento del trasdós del muro	= $\int \sigma_R \cdot \cos\delta \cdot dz$
E_{RHT} (T/m)	empuje horizontal total sobre el trasdós virtual	= $\int \sigma_R \cdot \cos\delta \cdot dz$
E_{RVT} (T/m)	empuje vertical total sobre el trasdós virtual	= $\int \sigma_R \cdot \mathrm{sen}\delta \cdot dz$

El empuje se considerará activo o al reposo según los desplazamientos previstos de la coronación del muro. Según la tabla 3.4.2.2.1 de la norma ROM 02-90, para rellenos granulares densos se desarrolla el empuje activo cuando el desplazamiento horizontal de la coronación es mayor que la milésima parte de la altura del muro H_m.

Para el caso de empuje activo:

$$k_a = \frac{\mathrm{sen}^2(90+\phi)}{\mathrm{sen}(90-\delta)\cdot\left[1+\sqrt{\frac{\mathrm{sen}(\phi+\delta)\cdot\mathrm{sen}\phi}{\mathrm{sen}(90-\delta)}}\right]^2} \; ; \quad \delta < 15^o$$

Para el caso de empuje al reposo:

$$k_a = 1 - \mathrm{sen}\phi \; ; \quad \delta = 0^o$$

4.1.3. Sobrecarga de uso

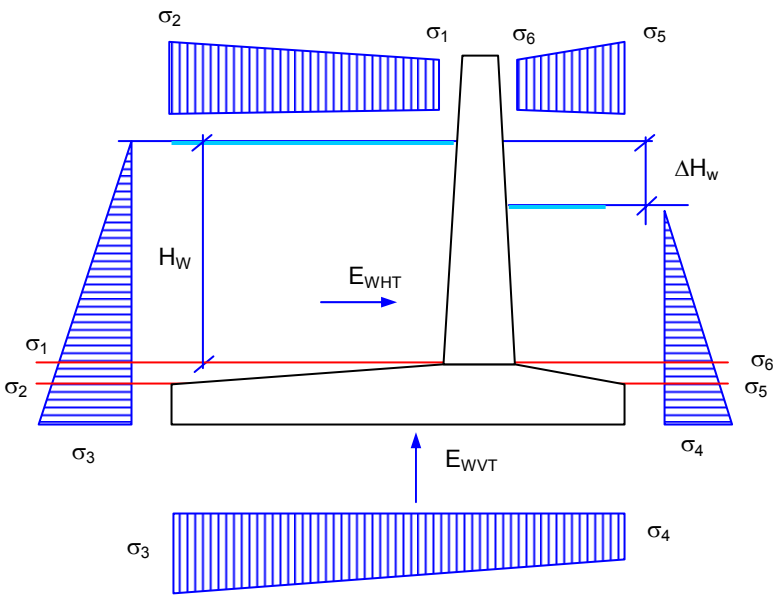
Se considera de acuerdo con lo indicado en el DB-AE del CTE una sobrecarga uniforme de 0,5 T/m^2 sobre el relleno de tierras del trasdós del muro.

4.1.4. Empuje hidrostático

Para situaciones persistentes o transitorias se supondrá que los rellenos se encuentran saturados (máxima densidad), pero que o bien no existe presión

del agua intersticial (tomando entonces $H_w = \Delta H_w = 0$) o bien esta llega hasta el nivel del drenaje (tomando entonces $H_w = 0{,}11$, $\Delta H_w = 0{,}11$).

Se considerará como acción accidental la aparición de subpresiones provocadas por un nivel de aguas superior al nivel de drenaje, las cuales se tendrán en cuenta mediante las cargas que se indican en la figura siguiente, que corresponden a una altura H_w de las aguas libres interiores y a un desnivel ΔH_w con respecto a las aguas libres exteriores.



El significado de las variables representadas en la figura es el siguiente:

σ_i (t/m^2)	presiones del agua intersticial sobre los paramentos
E_{WHT} (t/m)	empuje horizontal total
E_{WVT} (t/m)	empuje vertical total

4.1.5. Acción sísmica

El incremento de empuje del relleno sobre los muros debido a la acción sísmica, según el método de Mononobe - Okabe, se calcula según la expresión:

$$\Delta E_{RHS} = E_{RHS} - E_{RHT}$$

donde E_{RHT} es el empuje horizontal total del relleno sobre el trasdós virtual calculado en el apartado de empujes del terreno y E_{RHS} es el mismo empuje calculado con un coeficiente dado por:

$$k^*_a = \frac{\operatorname{sen}^2(90+\phi-\theta)}{\cos^2\theta \cdot \left[1+\sqrt{\frac{\operatorname{sen}\phi \cdot \operatorname{sen}(\phi-\theta)}{\cos\theta}}\right]^2}$$

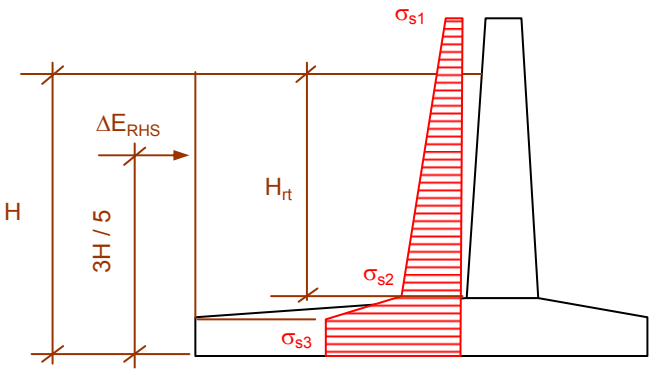
$$\theta = \operatorname{atan}\left(\frac{a_h}{1 \pm a_v}\right)$$

En estas expresiones a_h es la aceleración sísmica horizontal y a_v la vertical, igual al 70% de la horizontal según NCSE-02.

Dichas aceleraciones se supondrán asimismo aplicadas a la masa de los muros y la zapata, y la aceleración vertical a las cargas permanentes que gravitan sobre la zapata.

El incremento de empuje sísmico ΔE_{RHS} se supone aplicado a 3/5 de la altura del trasdós virtual.

Las acciones sísmicas horizontales se representan en la siguiente figura, donde el significado de los parámetros es:



σ_{si} (T/m^2)	fuerzas sísmicas sobre el hormigón	$= a_h \cdot \gamma_c \cdot e(z)$
ΔE_{RHS} (T/m)	incremento de empuje del relleno debido a la acción sísmica	

El efecto de la aceleración vertical sobre las cargas permanentes se tendrá en cuenta multiplicando las densidades de los cuerpos por 1 +/- a_v.

4.2. CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO

Como ya se comentó en la introducción, el muro se dimensionará de manera que se cumplan los criterios usuales empleados para evaluar la seguridad de estructuras sujetas a acciones del terreno, es decir, presentando como mínimo los siguientes coeficientes de seguridad:

Situaciones	Persistentes o transitorias	Accidentales
Coeficiente de seguridad a vuelco	1,8	1,2
Coeficiente de seguridad a deslizamiento	1,5	1,1
Coeficiente de seguridad a hundimiento	3	2
Coeficiente de seguridad por estabilidad global	1,8	1,2

El coeficiente de seguridad al vuelco es el cociente entre la suma de todos los momentos estabilizadores, que se oponen el vuelco del muro, y la de los que favorecen dicho vuelco:

$$K_v = \frac{\sum M_e}{\sum M_v}$$

El coeficiente de seguridad al deslizamiento se calcula según la siguiente fórmula:

$$K_d = \frac{c \cdot B + \mu \cdot \sum F_V}{\sum F_H}$$

donde c es el índice de cohesión, B es el ancho de la zapata, F_V y F_H son las fuerzas verticales y horizontales respectivamente y μ es el coeficiente de rozamiento del terreno que se puede calcular como:

$$\mu = tg\phi$$

El coeficiente de seguridad al hundimiento se calcula según la siguiente fórmula:

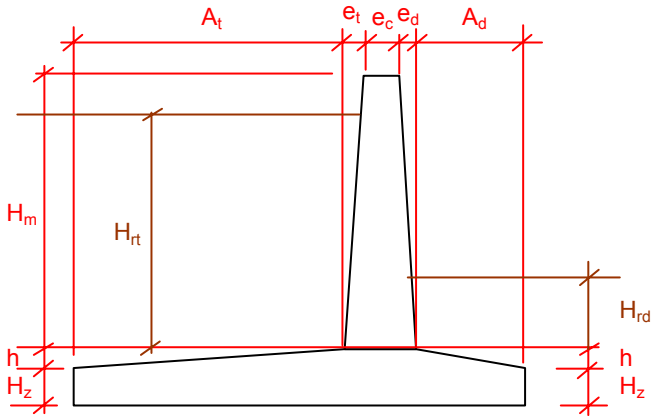
$$K_h = \frac{p_h \cdot B}{\sum F_V}$$

donde p_h es la carga de hundimiento y se calcula tal y como se indica en el apartado de características del terreno.

El coeficiente de seguridad por estabilidad global, debido a su complejidad se estimará mediante el programa informático Slope 2009.8 Rev.288 de la empresa Geostru Software.

4.3. DATOS GENERALES

Los datos que definen la geometría del problema se indican en la figura adjunta.



Para que el muro cumpla los criterios de seguridad anteriores con las menores dimensiones posibles para reducir su coste y espesores constantes para facilitar su construcción; estos datos geométricos deben tomar los valores de la siguiente tabla:

H_m (m)	1,70	altura del muro sobre la zapata
H_z (m)	0,35	espesor de la zapata en sus extremos
h (m)	0,00	altura que forma la pendiente de la cara superior de la zapata
H_{rt} (m)	1,70	altura de tierras sobre zapata en el trasdós
H_{rd} (m)	0,25	altura de tierras sobre zapata en el intradós
A_t (m)	1,40	talón de la zapata
A_d (m)	0,30	puntera de la zapata
e_t (m)	0,00	desplome del paramento interior del muro
e_c (m)	0,30	espesor del muro en coronación
e_d (m)	0,00	desplome del paramento exterior del muro

Por su lado, los datos del suelo de cimiento, obtenidos de los parámetros geotécnicos de los sondeos S-7 y S-5 del estudio geotécnico, son:

ϕ (º)	33,08	ángulo de rozamiento interno de los rellenos
c (T/m^2)	0,6	cohesión
γ_{sat} (T/m^3)	2,15	densidad saturada del terreno

Y los datos de los rellenos y del hormigón del muro son:

ϕ (º)	30	ángulo de rozamiento interno de los rellenos
γ_{sat} (T/m^3)	2	densidad saturada de los rellenos
γ_c (T/m^3)	2,5	densidad del hormigón

4.4. RESULTADOS

Las combinaciones de acciones para las que se comprobarán los estados límite últimos de vuelco, deslizamiento y hundimiento del cimiento, son las siguientes:

Acción		Permanentes o transitorias				Accidentales	
		Cargas permanentes	Empuje del relleno	Sobrecarga de uso	Empuje hidrostático 0,11 m	Empuje hidrostático 1,70 m	Acción sísmica
		CP	**ER**	**SU**	**EH_1**	**EH_2**	**ES**
Combinación	1.1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0
	1.2	0,9	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0
	2.1	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0
	2.2	0,9	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0
	3.1	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
	3.2	0,9	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0

Aparte de lo anterior, para mayor seguridad, en las combinaciones no accidentales (1.1 y 1.2) no se considerará la cohesión del terreno de cimentación y se redondeará su ángulo de rozamiento interno a 30º, para prevenir eventuales variaciones del terreno en el punto de cimentación con el evaluado en el sondeo S-5 del estudio geotécnico.

Con estas combinaciones y datos se obtendrán las siguientes resultantes de fuerzas verticales y horizontales y de momentos estabilizadores y de vuelco en el plano de cimentación del muro:

1.1	1,0	1,0	1,0	1,0	**Combinación**	
1.2	0,9	1,0	1,0	1,0		
Acción	**CP**	**ER**	**SU**	**EH_1**	**1.1**	**1.2**
ΣF_H (T/m)	0,00	2,05	0,43	0,04	2,52	2,52
ΣF_V (T/m)	7,80	0,00	0,70	-0,66	7,84	7,06
ΣM_e (Tm/m)	8,37	0,00	0,40	0,00	8,77	7,93
ΣM_v (Tm/m)	0,00	-1,43	0,00	-0,66	-2,09	-2,09

2.1	1,0	1,0	1,0	1,0	**Combinación**	
2.2	0,9	1,0	1,0	1,0		
Acción	**CP**	**ER**	**SU**	**EH_2**	**2.1**	**2,2**
ΣF_H (T/m)	0,00	1,06	0,43	2,04	3,52	3,52
ΣF_V (T/m)	5,57	0,00	0,70	-0,02	6,25	5,69
ΣM_e (Tm/m)	5,47	0,00	0,40	0,00	5,87	5,32
ΣM_v (Tm/m)	0,00	-0,72	0,00	-1,31	-2,03	-2,03

3.1	1,0	1,0	1,0	1,0	**Combinación**	
3.2	0,9	1,0	1,0	1,0		
Acción	**CP**	**ER**	**SU**	**ES**	**3.1**	**3.2**
ΣF_H (T/m)	0,00	2,43	0,43	0,59	3,44	
	0,00	1,94	0,43	0,56		2,93
ΣF_V (T/m)	8,96	0,00	0,70	0,00	9,66	
	8,30	0,00	0,70	0,00		8,17
ΣM_e (Tm/m)	9,75		0,40		10,15	
	8,83		0,40			8,35
ΣM_v (Tm/m)		-1,68		-0,56	-2,23	
		-1,33		-0,53		-1,86

Con todo lo anterior se tendrán los siguientes coeficientes de seguridad:

Combinación	**1.1**	**1.2**	
Coeficiente de seguridad a vuelco K_v	4,19	3,79	**>1,8**
Coeficiente de seguridad a deslizamiento K_d	1,79	1,62	**>1,5**
Coeficiente de seguridad a hundimiento K_h	3,59	3,35	**>3**

Combinación	2.1	2.2	
Coeficiente de seguridad a vuelco K_v	2,89	2,62	>1,2
Coeficiente de seguridad a deslizamiento K_d	1,37	1,25	>1,1
Coeficiente de seguridad a hundimiento K_h	2,54	2,01	>2

Combinación	3.1	3.2	
Coeficiente de seguridad a vuelco K_v	4,54	4,50	>1,2
Coeficiente de seguridad a deslizamiento K_d	2,11	2,15	>1,1
Coeficiente de seguridad a hundimiento K_h	5,83	5,91	>2

Por último, el programa Slope indica que el menor coeficiente de seguridad para la estabilidad global será igual a 2,97 considerando el drenaje (factor de seguridad superior al 1,8 que indica el CTE para estados de cargas persistentes o transitorios) e igual a 1,7 y a 2,68 si se considera respectivamente que falla el drenaje y que hay sismo (factor de seguridad superior al 1,2 que exige el CTE para estados de carga accidentales).

5. CÁLCULOS ESTRUCTURALES

En este apartado se indica cómo se ha llevado a cabo el cálculo estructural de los kioscos, los aseos y el armado del muro. Estas indicaciones son igualmente válidas para el cálculo estructural de las zapatas de las pérgolas.

5.1. ACCIONES

Se consideran las siguientes acciones:

5.1.1. Peso propio

Es la carga debida al peso de la propia estructura. Se calcula tomando como peso especifico del acero 78,5 kN/m^3, como peso específico del

hormigón armado 25 kN/m^3, y como peso del forjado de chapa colaborante de 18 cm de canto con chapa Haircol 59, 3,67 N/m^2.

5.1.2. Cargas muertas

En el forjado de los kioscos y los aseos se ha considerado una carga superficial de 2,5 kN/m^2 correspondiente a una cubierta plana con acabado en grava de acuerdo con el Anexo C del DB-SE-AE del CTE.

La carga del cerramiento perimetral de los edificios se ha estimado muy del lado de la seguridad suponiendo que se realiza mediante FLH de ½ pie de espesor, por lo que se ha considerado una carga lineal de 3,6 kN/m.

5.1.3. Cargas del terreno

El empuje del relleno sobre los muros debido a su peso propio y a las cargas superficiales se calcula suponiendo que se desarrolla el empuje al reposo.

$$Q_{tierras} = k_a \cdot \gamma_{sat} \cdot H$$

$$k_a = 1 - \text{sen}\,\phi$$

Se ha considerado una densidad saturada del relleno de 2,15 T/m^3, un ángulo de rozamiento interno de 30º y una cohesión de 0,00 kN/m^2.

5.1.4. Nivel freático y subpresión

Los muros a construir dispondrán de un sistema de drenaje, pero por mayor seguridad se ha tenido en cuenta la subpresión y sobrepresión que una

eventual elevación del nivel freático ejercería sobre la zapata y el muro respectivamente.

5.1.5. Sobrecargas de uso

Para la determinación de las sobrecargas de uso se ha aplicado el documento básico SE-AE del C.T.E. Al considerar las aceras de la base y la coronación del muro como zonas de acceso al público sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas, la losa de cimentación de aseos y kioscos como local comercial y ser el forjado superior de los mismos accesible únicamente para conservación y de inclinación inferior a 20º, los valores característicos de las sobrecargas de uso serán:

	Carga uniforme	Carga concentrada
Sobrecarga de uso muro	5 kN/m^2	4 kN
Sobrecarga de uso forjado aseos y kioscos	1 kN/m^2	2 kN
Sobrecarga de uso losa cimentación aseos y k.	5 kN/m^2	4 kN

Al ser más desfavorables las cargas distribuidas de 5 y 1 kN/m^2 por toda la superficie tributaria del muro, placa, viga o pilar, que las cargas concentradas de 4 y 2 kN respectivamente en la peor posición, no se considerarán estas últimas en el cálculo.

5.1.6. Viento

Se ha considerado la acción del viento sobre los edificios, tal y como se indica en el C.T.E., de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

siendo:

q_e – Es la carga de viento a considerar en cada superficie.

q_b – Es la presión dinámica del viento y en La Rinconada (zona A) toma un valor de 0,42 kN/m^2.

c_e – Es el coeficiente de exposición, que para grado de aspereza del entorno IV (zona urbana) y 2,7 m de altura toma un valor de 1,3.

c_p – Es el coeficiente eólico o de presión, que toma distintos valores en función de la dirección del viento y de la zona de la fachada que estemos considerando.

No se ha considerado la acción del viento sobre el muro porque se trataría de una acción variable con efecto favorable.

5.1.7. Nieve

De acuerdo con el DB SE-AE del CTE, se ha considerado la carga de nieve según la siguiente fórmula:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

en la que:

q_n – Es la carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal.

μ – Es el coeficiente de forma de la cubierta y toma el valor 1 para cubiertas de menos de 30º.

s_k – Es el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal y para La Rinconada toma un valor de 0,9 kN/m^2.

Con lo anterior obtenemos una carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal de 0,9 kN/m^2.

5.1.8. Cargas térmicas

Atendiendo al DB SE-AE del CTE, no se han considerado cargas térmicas al disponerse en el muro juntas de dilatación cada 20 metros en el muro y al ser la dimensión mayor de los edificios inferior a los 40 metros.

5.1.9. Sismo

Se calcula según NCSE-02, con los siguientes parámetros sísmicos:

Localidad:	La Rinconada
Aceleración sísmica básica (a_b/g):	0,07
Coeficiente de contribución K:	1,1
Importancia de la construcción:	Normal
Coeficiente de riesgo ρ:	1,00
Tipo de terreno:	III
Coeficiente de suelo C:	1,6
Aceleración sísmica cálculo (a_c/g):	0,09
Ductilidad de la estructura:	ninguna

5.2. COMBINACIONES DE ACCIONES

Se consideran como combinaciones de acciones las dadas por el C.T.E. y la EHE con control de ejecución normal, considerando el sismo según la NCSE-02.

Las cargas se agrupan en las siguientes familias e hipótesis:

- Hipótesis 0 - **Cargas permanentes** - Todas las combinaciones realizadas consideran las cargas introducidas en hipótesis 0.

- Familia 1 -**Sobrecargas alternativas** - Corresponden a las hipótesis 1 y 2, 7 y 8, 9 y 10. Se combinan las cargas introducidas en hipótesis 1 y 2, 7 y 8, 9 y 10 de forma separada y de forma conjunta. Dado su carácter alternativo, nunca se realizan combinaciones de cargas introducidas en hip. 1 y 2 con cargas introducidas en hip. 7 y 8, o cargas introducidas en hip. 7 y 8 con cargas en hip. 9 y 10.

- Familia 2 - **Cargas móviles** - Corresponden a las hipótesis 11 a 20, inclusive. No se realiza ninguna combinación en la que aparezca la acción simultánea de las cargas introducidas en estas hipótesis.

- Familia 3 - **Cargas de viento** - Corresponden a las hipótesis 3, 4, 25 y 26 (y a las de signo contrario si se habilita la opción "Sentido ±"). Nunca se considera la actuación simultánea de las cargas introducidas en estas hipótesis. **Carga de nieve** - Corresponde a la hipótesis 22. Las cargas de esta hipótesis no se combinan con las introducidas en hipótesis 23. Tampoco se combinan con las que se introduzcan en hipótesis de viento y sismo. **Carga de temperatura** - Corresponde a la hipótesis 21. Las cargas de esta hipótesis se combinan con las introducidas en hipótesis 23. No se combinan con las que se introduzcan en hipótesis de viento y sismo.

- Hipótesis 5, 6 Y 24 - **Sismo** - Nunca se considera la actuación de forma conjunta de las cargas introducidas en hip. 5 y 6 (salvo si se activa la opción “considerar la regla del 30%”), ni de éstas con la hip.24, sismo vertical.

- Hipótesis 23 - **Carga accidental** - Las cargas de esta hipótesis no se combinan con las introducidas en hipótesis 21 y 22. Tampoco se combinan con las que se introduzcan en hipótesis de viento y sismo.

Coeficientes de mayoración

En el caso de EHE, se utilizan los coeficientes de seguridad definidos en dicha norma. Además, el coeficiente de seguridad para acciones favorables es 1,0 para la carga permanente y 0,0 para el resto.

En el caso de CTE, se utilizan los coeficientes de seguridad definidos en dicha norma. Además, el coeficiente de seguridad para acciones favorables es 0,8 para la carga permanente y 0,0 para el resto.

E.L.U. Situaciones persistentes o transitorias

Carga permanente + sobrecargas de la familia 1 (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9 y 10)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 2 (Hipótesis 0 y de 11 a 20)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 3 (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 25 y 26)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 2 (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9, 10 y de 11 a 20)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F1} \cdot Q_{k,F1} + \gamma_{Q,F2} \cdot \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$
$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F2} \cdot Q_{k,F2} + \gamma_{Q,F1} \cdot \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 3 (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 25 y 26)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F1} \cdot Q_{k,F1} + \gamma_{Q,F3} \cdot \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$
$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F3} \cdot Q_{k,F3} + \gamma_{Q,F1} \cdot \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 2 y 3 (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 25 y 26, y de 11 a 20)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F2} \cdot Q_{k,F2} + \gamma_{Q,F3} \cdot \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$
$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F3} \cdot Q_{k,F3} + \gamma_{Q,F2} \cdot \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1, 2 y 3 (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22 , 25 y 26, y de 11 a 20)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F1} \cdot Q_{k,F1} + \gamma_{Q,F2} \cdot \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2} + \gamma_{Q,F3} \cdot \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$
$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F2} \cdot Q_{k,F2} + \gamma_{Q,F1} \cdot \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1} + \gamma_{Q,F3} \cdot \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$
$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F3} \cdot Q_{k,F3} + \gamma_{Q,F1} \cdot \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1} + \gamma_{Q,F2} \cdot \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

E.L.U. Situaciones accidentales (extraordinarias en CTE)

Carga permanente + sobrecargas de la familia 1 + carga accidental (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9, 10 y 23)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 2 + carga accidental (Hipótesis 0, de 11 a 20 y 23)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 3 + carga accidental (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 23, 25 y 26)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 2 + carga accidental (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9, 10, 23 y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$
$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 3 + carga accidental (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 23, 25 y 26)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$
$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 2 y 3 + carga accidental (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 23, 25 y 26, y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$
$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1, 2 y 3 + carga accidental (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 23, 25 y 26, y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$
$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$
$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

E.L.U. Situaciones sísmicas

Carga permanente + sobrecargas de la familia 1 + sismo (Hipótesis 0, 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 24)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 2 + carga sísmica (Hipótesis 0, 5, 6, 24 y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 3 + carga sísmica (Hipótesis 0, 3, 4, 5, 6, 21, 22, 24, 25 y 26)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 2 + cargas sísmicas (Hipótesis 0, 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 24 y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 3 + carga sísmica (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 24, 25 y 26)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 2 y 3 + cargas sísmicas (Hipótesis 0, 3, 4, 5, 6, 21, 22, 24, 25 y 26, y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1, 2 y 3 + cargas sísmicas (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 24, 25 y 26, y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

E.L.S. Estados Límite de Servicio

Carga permanente + sobrecargas de la familia 1 (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9 y 10)

- Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_k$$

- Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

- Combinaciones cuasi permanentes (casi permanentes en CTE):

$$G_k + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 2 (Hipótesis 0 y de 11 a 20)

- *Combinaciones poco probables (características en CTE):*

$$G_k + Q_k$$

- *Combinaciones frecuentes:*

$$G_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

- *Combinaciones cuasi permanentes:*

$$G_k + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 3 (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 25 y 26)

- *Combinaciones poco probables (características en CTE):*

$$G_k + Q_k$$

- *Combinaciones frecuentes:*

$$G_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

- *Combinaciones cuasi permanentes:*

$$G_k + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 2 (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9, 10 y de 11 a 20)

- Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_{k,F1} + \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$
$$G_k + Q_{k,F2} + \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

- Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$
$$G_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

- Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 3 (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 25 y 26)

- Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_{k,F1} + \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$
$$G_k + Q_{k,F3} + \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

- Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$
$$G_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

- Combinaciones cuasi permanentes:

$$G_k + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 2 y 3 (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 25 y 26, y de 11 a 20)

- Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_{k,F2} + \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$
$$G_k + Q_{k,F3} + \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

- Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$
$$G_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

- Combinaciones cuasi permanentes:

$$G_k + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1, 2 y 3 (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 25 y 26, y de 11 a 20)

- Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_{k,F1} + \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$
$$G_k + Q_{k,F2} + \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$
$$G_k + Q_{k,F3} + \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

- Combinaciones frecuentes:

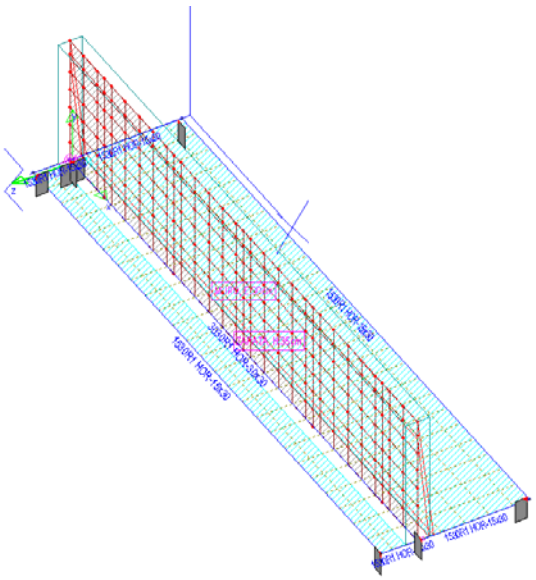
$$G_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$
$$G_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$
$$G_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

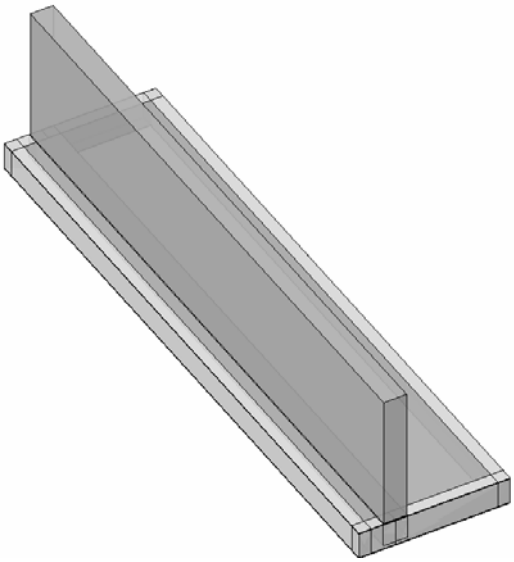
- Combinaciones cuasi permanentes:

$$G_k + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

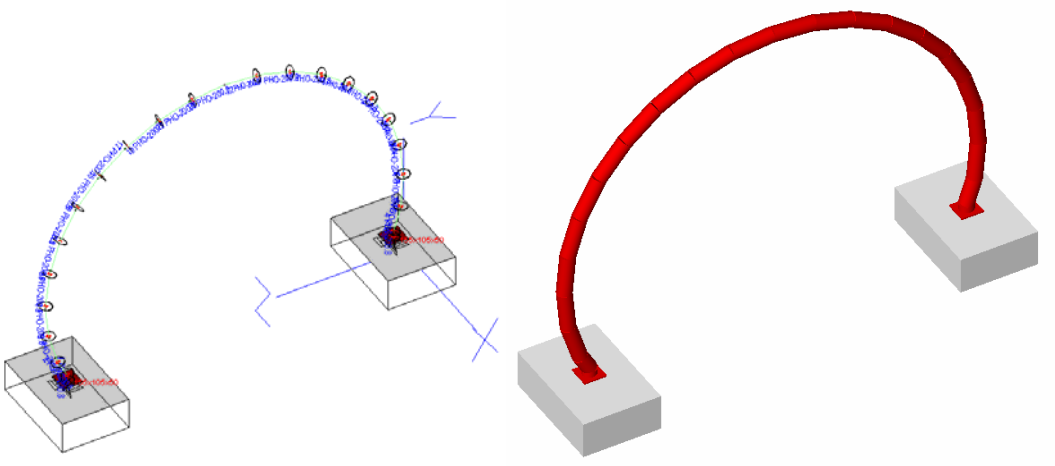
5.3. CÁLCULO Y ARMADO

Para el cálculo de los esfuerzos y solicitaciones a los que está sometida toda la estructura, así como para su se ha utilizado el programa Tricalc versión 7.0.05, de la empresa ARKTEC, S.A., modelizando las estructuras tal y como se muestra en las siguientes figuras.

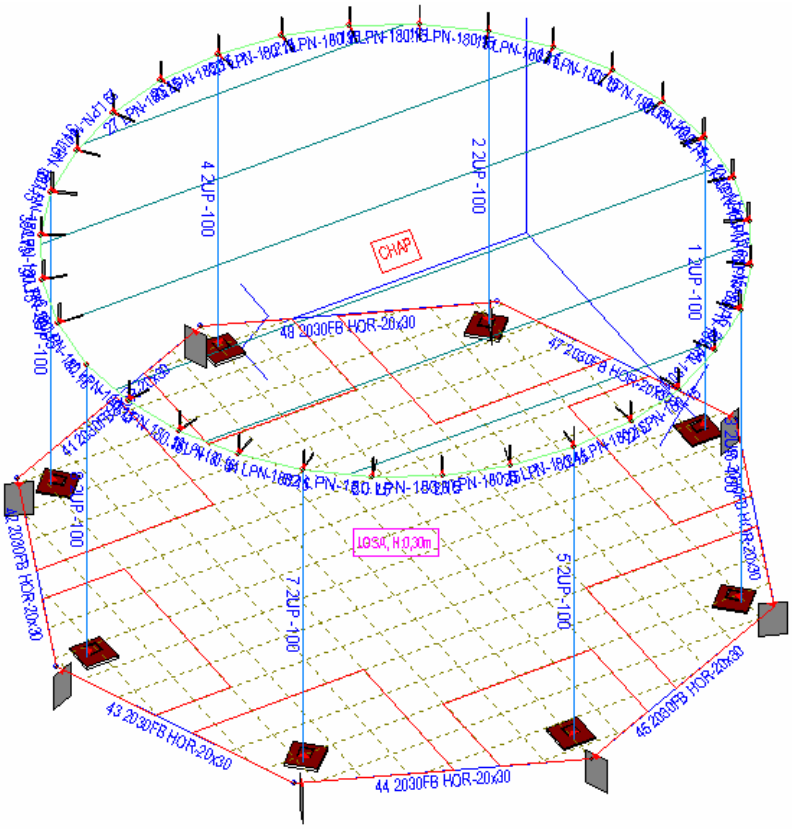


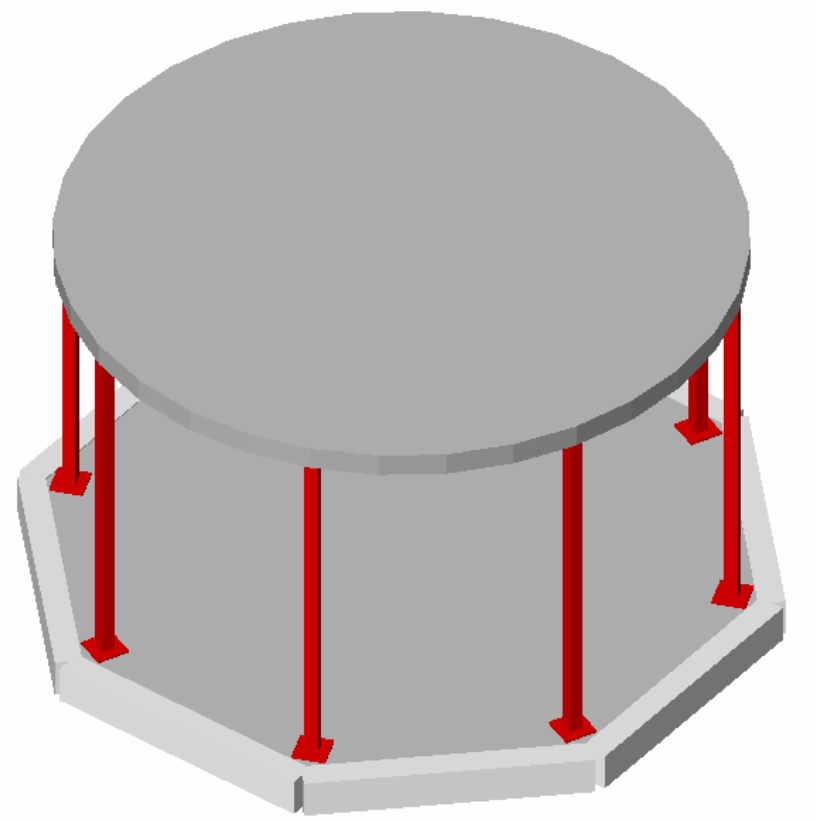


Muro

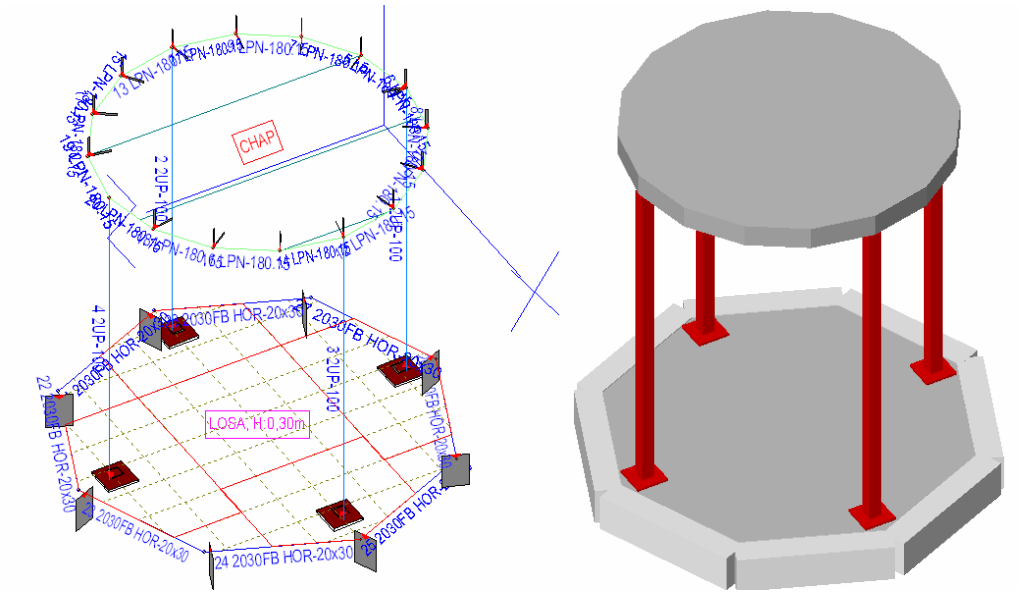


Pérgolas


CHAP
LOSA, H 0,30m
4 2UP-100
2 2UP-100
1 2UP-100
5 2UP-100
7 2UP-100
48 2030FB HOR-20x30
43 2030FB HOR-20x30
44 2030FB HOR-20x30
45 2030FB HOR-20x30



Kioscos



Aseos

El método de cálculo aplicado por el programa es el de los Estados Límites, en el que se exige que el efecto sobre la estructura de las acciones exteriores ponderadas por unos coeficientes sea inferior al producido por los estados límites considerados. Estos estados podrán ser:

- Estados límites últimos – Son aquellas situaciones que, de ser superadas, provocan la puesta fuera de servicio de la estructura. Se comprueba: equilibrio, agotamiento o rotura, adherencia y anclaje.
- Estados límites de utilización – Son aquellas situaciones para las que no se cumplen los requisitos de funcionalidad, comodidad, durabilidad o aspecto de la estructura. Se comprueban deformaciones (flechas), y vibraciones (si procede).

Para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático, excepto cuando se consideran las acciones dinámicas del sismo, en cuyo caso se emplea el análisis modal espectral.

El cálculo de las solicitaciones se ha realizado mediante el método matricial espacial de la rigidez, considerando los seis grados de libertad posibles de cada nudo. En este método se calculan los desplazamientos y giros de todos los nudos de la estructura para cada hipótesis a partir de la matriz de rigidez y en función de ellos se obtienen los esfuerzos (axiles, cortantes, momentos torsores y flectores) de cada sección. Para ello se supone el cumplimiento de los siguientes puntos:

- *Teoría de las pequeñas deformaciones* - Se supone que la geometría de una estructura no cambia apreciablemente bajo la aplicación de las cargas. Este principio implica además, que se desprecian los esfuerzos producidos por los desplazamientos de las cargas originados al desplazarse la estructura.

- *Linealidad* - Este principio supone que la relación tensión - deformación, y por tanto, la relación carga - deflexión, es constante. Esto es generalmente válido en los materiales elásticos, pero debe garantizarse que el material no llega al punto de fluencia en ninguna de sus secciones.

- *Superposición* - Este principio establece que la secuencia de aplicación de las cargas no altera los resultados finales. Como consecuencia de este principio, es válido el uso de las "fuerzas equivalentes en los nudos" calculadas a partir de las cargas existentes en las barras; esto es, para el cálculo de los desplazamientos y giros de los nudos se sustituyen las cargas existentes en las barras por sus cargas equivalentes aplicadas en los nudos.

- *Compatibilidad* - Este principio supone que la deformación y consecuentemente el desplazamiento, de cualquier punto de la estructura es continuo y tiene un solo valor.

- *Unicidad de las soluciones* - Para un conjunto dado de cargas externas, tanto la forma deformada de la estructura y las fuerzas internas como las reacciones tienen un valor único.

Una vez obtenidos los esfuerzos en las diferentes hipótesis simples, se procede a realizar todas las combinaciones indicadas por la normativa vigente, a partir de las cuales se obtienen los diagramas envolventes de pésimos para cada esfuerzo con los que finalmente se dimensionan los elementos.

La comprobación de los elementos de acero se ha llevado a cabo de acuerdo con lo indicado en el DB SE-A del C.T.E. En concreto el programa comprueba tensión, flecha, esbeltez, abolladura, pandeo y pandeo lateral de los elementos metálicos que conforman la estructura.

De acuerdo con el párrafo 2 del punto 5.3.1 del DB SE-A del C.T.E. la estructura se considera traslacional y se consideran los efectos de los desplazamientos en el análisis de la estructura mediante un análisis elástico y lineal, pero habiendo multiplicado todas las acciones horizontales sobre el edificio por el coeficiente de amplificación: $(1-r)^{-1}$, siendo r:

$$r = \frac{V_{Ed}}{H_{Ed}} \cdot \frac{\delta_{H,d}}{h}$$

Donde:

H_{Ed} valor de cálculo de las cargas horizontales totales (incluyendo las debidas a imperfecciones) en la planta considerada y en todas las superiores. Coincide con el cortante total en los pilares de la planta;

V_{Ed} valor de cálculo de las cargas verticales totales en la planta considerada y en todas las superiores. Coincide con el axil total en los pilares de la planta;

h altura de la planta;

$\delta_{H,d}$ desplazamiento horizontal relativo de la planta (del forjado de techo al de suelo).

Por otro lado, de acuerdo con el párrafo 2 del punto 6.3.1 y la tabla 6.3 del punto 6.3.2 del DB SE-A del C.T.E. se han impuesto unos límites de esbeltez reducida en vigas, pilares y dinteles de 1,8 tanto en compresión como en tracción.

Se ha limitado la flecha relativa a L/300 en todas las barras y forjados.

5.4. LISTADOS DE CÁLCULOS POR ORDENADOR

Dado lo extenso de los listados de salida del programa de cálculo, y la difícil interpretación de estos en formato escrito, se adjuntan en la versión digital del proyecto los archivos de cálculo del programa en los que se pueden confrontar las hipótesis, cargas, y resultados expuestos en el presente anejo.

De cualquier manera se incluyen los listados de opciones de cálculo de los kioscos y los muros.

5.4.1. Opciones de cálculo de kioscos

```
                              NORMATIVA


Acciones: CTE DB SE-AE
Viento  : CTE DB SE-AE
Sismo   : NCSE-02
Hormigón: EHE, EFHE
Acero   : CTE DB SE-A
Otras   : CTE DB SE-C, CTE DB SI

                 MÉTODO DEL CÁLCULO DE ESFUERZOS

Método avanzado

                        HIPÓTESIS DE CARGA

NH/Nombre/Tipo/Descripción
 0 G  Permanentes Permanentes
 1 Q1 Sobrecargas Sobrecargas
 2 Q2 Sobrecargas Tráfico
 7 Q3 Sobrecargas Sobr. puntuales
 8 Q4 Sobrecargas Sobrecargas
 9 Q5 Sobrecargas Sobrecargas
10 Q6 Sobrecargas Sobrecargas
 3 W1 Viento      Viento
 4 W2 Viento      Viento
22 S  Nieve       Nieve
 5 Ex Sismo X     Sismo X
24 Ey Sismo Y     Sismo Y
 6 Ez Sismo Z     Sismo Z
21 T  Sin definir Temperatura
23 A  Sin definir Accidentales

                    COEFICIENTES DE MAYORACIÓN

Cargas permanentes:
  Hipótesis  0    1,50 1,35
Cargas variables:
  Hipótesis  1/ 2 1,60;1,60 1,50;1,50
  Hipótesis  7/ 8 1,60;1,60 1,50;1,50
  Hipótesis  9/10 1,60;1,60 1,50;1,50
Cargas de viento no simultáneas:
  Hipótesis  3/ 4 1,60;1,60 1,50;1,50
```

```
  Hipótesis 25/26
Cargas de sismo no simultáneas:
  Hipótesis 5/6/24 1,00;1,00;1,00 1,00;1,00;1,00
Cargas móviles no habilitadas
Cargas de temperatura:
  Hipótesis  21   1,60 1,50
Cargas de nieve:
  Hipótesis  22   1,60 1,50
Carga accidental:
  Hipótesis  23   1,00 1,00


                        OPCIONES DE CARGAS

Viento activo Sentido+- habilitado
Sismo activo Sentido+- habilitado
Se considera el Peso propio de las barras


                   COEFICIENTES DE COMBINACIÓN

Hormigón/ Eurocódigo / Código Técnico de la Edificación

Gravitatorias    0,70 0,50 0,30
Móviles          0,70 0,50 0,30
Viento           0,60 0,50 0,00
Nieve            0,50 0,20 0,00
Temperatura      0,60 0,50 0,00


                   OPCIONES DE CARGAS DE VIENTO

Presión global del viento qb·ce(kN/m2)0,56
Dirección 1
Vector dirección        0,00; 0,00; -1,00
Hipótesis               3

Dirección 2
Vector dirección        1,00; 0,00; 0,00
Hipótesis               4

Modo de reparto continuo en barras
Superficie actuante: Fachada


                   OPCIONES DE CARGAS DE SISMO

Método de cálculo: Dinámico (NCSE-02)
Aceleración sísmica básica: 0,07·g
Aceleración sísmica de cálculo: 0,09·g
Coeficiente de contribución: 1,1000
Tipo de terreno
    III Intermedios. Densidad y Compacidad medias
Coeficiente de suelo: 1,6000
Uso del edificio:
    Locales de aglomeración y espectáculos
Permanencia de la nieve: Menos de 30 días/año
Tiempo de retorno: 50,00 años
Sin ductilidad
Soportes: Acero
Tipo de planta: Diáfana
Cota del suelo (cm)      0
No se considera acción sísmica vertical
Cálculo de modos de vibración: Globalmente sin condensación
Considerar la masa rotacional
Considerar la excentricidad accidental
Combinar las acciones sísmicas horizontales según la "regla del 30%"
Aceleración sísmica rotacional: 0,00 (rd/s²) / (cm/s²)
Número de modos de vibración a componer: 30
```

```
% de masa efectiva máxima a componer: 90 %
Porcentaje de las sobrecargas que intervienen en el sismo
    Permanentes: 100,00%
    Sobrecargas:  60,00%
    Nieve      :   0,00%
    Móviles    :  60,00%


                        OPCIONES DE CALCULO

Indeformabilidad de forjados horizontales en su plano
Consideración del tamaño del pilar en forjados reticulares y losas


          CARGAS EN FORJADOS UNIDIRECCIONALES Y DE CHAPA

PLANO 270 ;FORJADO CHAP; RIGIDEZ TOTAL = 17299 m2·kN/m

CARGAS SUPERFICIALES (kN/m2) / HIPOTESIS
 6,17(0); 1,00(1); 0,90(22)


    CARGAS EN FORJADOS RETICULARES, LOSAS, ESCALERAS Y RAMPAS

PLANO 0

CARGAS SUP. GLOBALES (kN/m2) / V / HIP. / FORJADO
  2,00;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);LOSA
  5,00;(+0,00;-1,00;+0,00);( 1);LOSA
CARGAS LINEALES (kN/m) / V / HIP. / NUMERO
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);0
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);1
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);2
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);3
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);4
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);5
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);6
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);7
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);8
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);9
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);10
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);11
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);12
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);13
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);14
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);15
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);16
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);17
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);18
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);19
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);20
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);21
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);22
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);23
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);24
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);25
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);26
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);27
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);28
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);29
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);30
  3,60;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);31
CARGAS PUNTUALES (kN) / V / HIP. / NUMERO
  4,00;(+0,00;-1,00;+0,00);( 7);0


                      MATERIALES DE ESTRUCTURA

Acero laminado S275
```

```
    Límite elástico 275   MPa
    Coeficiente de minoración  1,05; 1,05; 1,25


                MATERIALES DE LOSAS DE CIMENTACIÓN

Hormigón        HA30      30   MPa
Acero corrugado B 500 S  500   MPa  Dureza Natural
Nivel de control:
    Acero:      Normal 1,15
    Hormigón:    1,50


                OPCIONES DE COMPROBACIÓN DE ACERO

Vigas  Yp:     Pandeo se comprueba como traslacional
Vigas  Zp:     Pandeo se comprueba como traslacional
Pilares  Yp:     Pandeo se comprueba como traslacional
Pilares  Zp:     Pandeo se comprueba como traslacional
Diagonales Yp:     Pandeo se comprueba como traslacional
Diagonales Zp:     Pandeo se comprueba como traslacional
Esbeltez reducida máxima a compresión 1,80
Esbeltez reducida máxima a tracción   1,80
Se comprueba Pandeo Lateral
Se comprueba Abolladura del alma
Intervalo de comprobación 30 cm
Subir sección por esbeltez
Comprobación de flecha instantánea por sobrecarga:        Vanos
        Flecha relativa L / 350
Comprobación de flecha total:        Vanos
        Flecha relativa L / 300
Comprobación de flecha instantánea por sobrecarga:        Voladizos
        Flecha relativa L / 350
Comprobación de flecha total:        Voladizos
        Flecha relativa L / 300
    No se considera deformación por cortante
Se consideran los efectos de segundo orden
Cargas de viento 3 y 25/4 y 26 1,37/1,37
Cargas de sismo horizontal Xg/Zg 1,37/1,37
Cargas de sismo vertical Yg 1,37


   OPCIONES DE CALCULO DE FORJADOS UNIDIRECCIONALES Y DE CHAPA

Acero corrugado 'in situ' B 500 S  500   MPa
   Dureza Natural
Nivel de control:  Normal 1,15
Recubrimientos(mm): 35
Ambiente cara inferior: IIa, IIb, H
Ambiente cara superior: IIa, IIb, H
Se considera alternancia en sobrecargas
NO se considera continuidad de viguetas-chapas
No se consideran los criterios de armado del CTE DB SI Anejo C

OPCIONES DE FLECHA
Comprobación de flecha activa:
    Vanos
        Flecha relativa L / 350
    Voladizos
        Flecha relativa L / 350
Comprobación de flecha total:
    Vanos
        Flecha relativa L / 300
    Voladizos
        Flecha relativa L / 300
     70%       Peso estructura (de las cargas Permanentes)
     20%       Tabiquería (de las cargas Permanentes)
      0%       Tabiquería (de las Sobrecargas)
```

```
     50%       Sobrecarga a larga duración
      3 meses  Estructura / tabiquería
     60 meses  Flecha diferida
     28 días   Desencofrado


           OPCIONES DE CÁLCULO DE LOSAS DE CIMENTACIÓN

Se considera la utilización de armadura
a punzonamiento
Recubrimientos(mm): 47
Se realiza la comprobación a torsión de zunchos
Módulo de Young (GPa)            : 28,57679
Coeficiente de Poisson           : 0,1500
Coeficiente de dilatación térmica: 0,0000100
Rigidez a Torsión                : 50 %
Resistencia del terreno: 0,17   MPa
Coeficientes de Resorte (Balasto):
    Kx:     0,98  MPa/m     Gx:   980,00 kN·m/rad/m4
    Ky:     2,26  MPa/m     Gy:  2260,00 kN·m/rad/m4
    Kz:     0,98  MPa/m     Gz:   980,00 kN·m/rad/m4
Se consideran los efectos de segundo orden
Cargas de viento 3 y 25/4 y 26 1,37/1,37
Cargas de sismo horizontal Xg/Zg 1,37/1,37
Cargas de sismo vertical Yg 1,00
```

5.4.2. Opciones de cálculo de muros

```
                            NORMATIVA

Acciones: CTE DB SE-AE
Sismo   : NCSE-02
Hormigón: EHE-08
Otras   : CTE DB SE-C, CTE DB SI

                 MÉTODO DEL CÁLCULO DE ESFUERZOS

Método de altas prestaciones

                        HIPÓTESIS DE CARGA

NH/Nombre/Tipo/Descripción
 0 G  Permanentes Permanentes
 1 Q1 Sobrecargas Sobrecargas
 2 Q2 Sobrecargas Sobrecargas
 7 Q3 Sobrecargas Sobrecargas
 8 Q4 Sobrecargas Sobrecargas
 9 Q5 Sobrecargas Sobrecargas
10 Q6 Sobrecargas Sobrecargas
22 S  Nieve       Nieve
 5 Ex Sismo X     Sismo X
24 Ey Sismo Y     Sismo Y
 6 Ez Sismo Z     Sismo Z
21 T  Sin definir Temperatura
23 A  Sin definir Accidentales


                    COEFICIENTES DE MAYORACIÓN

Cargas permanentes:
  Hipótesis  0    1,35 1,35
Cargas variables:
  Hipótesis  1/ 2 1,50;1,50 1,50;1,50
  Hipótesis  7/ 8 1,50;1,50 1,50;1,50
```

```
  Hipótesis  9/10 1,50;1,50 1,50;1,50
Cargas de sismo no simultáneas:
  Hipótesis 5/6/24 1,00;1,00;1,00 1,00;1,00;1,00
Cargas móviles no habilitadas
Cargas de temperatura:
  Hipótesis  21   1,50 1,50
Cargas de nieve:
  Hipótesis  22   1,50 1,50
Carga accidental:
  Hipótesis  23   1,00 1,00
```

OPCIONES DE CARGAS

```
Viento no activo
Sismo activo Sentido+- habilitado
Se considera el Peso propio de las barras
```

COEFICIENTES DE COMBINACIÓN

Hormigón/ Eurocódigo / Código Técnico de la Edificación

Gravitatorias	0,70	0,70	0,60
Móviles	0,70	0,70	0,60
Viento	0,60	0,50	0,00
Nieve	0,50	0,20	0,00
Temperatura	0,60	0,50	0,00

OPCIONES DE CARGAS DE SISMO

```
Método de cálculo: Dinámico (NCSE-02)
Aceleración sísmica básica: 0,07·g
Aceleración sísmica de cálculo: 0,09·g
Coeficiente de contribución: 1,1000
Tipo de terreno
    III Intermedios. Densidad y Compacidad medias
Coeficiente de suelo: 1,6000
Uso del edificio:
    Locales de aglomeración y espectáculos
Permanencia de la nieve: Menos de 30 días/año
Tiempo de retorno: 50,00 años
Sin ductilidad
Soportes: Hormigón
Tipo de planta: Diáfana
Cota del suelo (cm)      0
No se considera acción sísmica vertical
Cálculo de modos de vibración: Globalmente sin condensación
Considerar la masa rotacional
Considerar la excentricidad accidental
Combinar las acciones sísmicas horizontales según la "regla del 30%"
Aceleración sísmica rotacional: 0,00 (rd/s²) / (cm/s²)
Número de modos de vibración a componer: 30
% de masa efectiva máxima a componer: 90 %
Porcentaje de las sobrecargas que intervienen en el sismo
    Permanentes: 100,00%
    Sobrecargas:  60,00%
    Nieve      :   0,00%
    Móviles    :  60,00%
```

OPCIONES DE CALCULO

```
Indeformabilidad de forjados horizontales en su plano
Consideración del tamaño del pilar en forjados reticulares y losas
Se realiza un cálculo elástico de 1er. orden


    CARGAS EN FORJADOS RETICULARES, LOSAS, ESCALERAS Y RAMPAS

PLANO 0

CARGAS SUP. GLOBALES (kN/m2) / V / HIP. / FORJADO
  0,90;(+0,00;-1,00;+0,00);(22);ZAPATA
CARGAS SUP. PARCIALES (kN/m2) / V / HIP. / NUMERO
 26,20;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);0
 22,10;(+0,00;-1,00;+0,00);( 0);1
  4,25;(+0,00;-1,00;+0,00);( 1);1
  5,00;(+0,00;-1,00;+0,00);( 2);1




                   CARGAS EN MUROS RESISTENTES

PLANO XY000150

Muro resistente      MURO: Peso propio: Densidad 24,52 kN/m3
CARGAS SUP. PARCIALES (kN/m2) / V / HIP. / NUMERO
  2,50;(+0,00;+0,00;+1,00);( 2);1
  0,45;(+0,00;+0,00;+1,00);(22);1
CARGAS PUNTUALES (kN) / V / HIP. / NUMERO
PRESIÓN TIERRAS-FLUIDOS / MURO / CARA CARGADA / HIP. / NÚMERO
Muro resistente MURO / Z- / 0 / 1
Se considera presión de tierras. (empuje en reposo)
    Tipo de terreno en el trasdós:
    Densidad Seca: 17,40 kN/m3
    Densidad Húmeda: 21,50 kN/m3
    Densidad Sumergida: 11,50 kN/m3
    Angulo de rozamiento interno: 30,00°
    Angulo de rozamiento Muro/Terreno: 20°
    Cota: 170 cm
No se considera presión de fluidos.
Muro resistente MURO / Z- / 1 / 2
No se considera presión de tierras.
Se considera presión de fluidos.
    Densidad del fluido: 9,81 kN/m3
    Cota: 145 cm



                MATERIALES DE LOSAS DE CIMENTACIÓN

Hormigón        HA30      30   MPa
Acero corrugado B 500 S  500   MPa  Dureza Natural
Nivel de control:
    Acero:      Normal 1,15
    Hormigón:   Normal 1,50


                 MATERIALES DE MUROS RESISTENTES

Muro / Material / E(GPa) / v / Espesor(cm) / fd,fdt(MPa)
Plano XY000150
  MURO     Hormigón                   28,57679 0,2000  30  ---   ---


            MATERIALES DE MUROS RESISTENTES DE HORMIGÓN
```

```
Hormigón        HA30      30   MPa
Acero corrugado B 500 S  500   MPa  Dureza Natural
Nivel de control:
    Acero:      Normal 1,15
    Hormigón:   Normal 1,50


           OPCIONES DE CÁLCULO DE LOSAS DE CIMENTACIÓN

Se considera la utilización de armadura
a punzonamiento
Recubrimientos(mm): 60
Se realiza la comprobación a torsión de zunchos
Módulo de Young (GPa)            : 28,57679
Coeficiente de Poisson           : 0,1500
Coeficiente de dilatación térmica: 0,0000100
Rigidez a Torsión                : 50 %
Resistencia del terreno: 0,17   MPa
Coeficientes de Resorte (Balasto):
    Kx:     0,98  MPa/m     Gx:   980,00 kN·m/rad/m4
    Ky:     2,26  MPa/m     Gy:  2260,00 kN·m/rad/m4
    Kz:     0,98  MPa/m     Gz:   980,00 kN·m/rad/m4
Se consideran los coeficientes de amplificación
Cargas de viento 3 y 25/4 y 26 1,37/1,37
Cargas de sismo horizontal Xg/Zg 1,37/1,37
Cargas de sismo vertical Yg 1,00


   OPCIONES DE CÁLCULO DE MUROS RESISTENTES / ZAPATAS DE MUROS

Recubrimientos(mm):
    Muro resistente = 60
No se consideran los coeficientes de amplificación
```