



ANEJO Nº 5



ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA
CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS



0. ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	2
2.	UNIDADES LITOLÓGICAS ENCONTRADAS. SONDEO ST-6	2
3.	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	3
4.	MÓDULO DE BALASTO PARA LA CIMENTACIÓN DEL MARCO	3
4.1.	INTRODUCCIÓN AL MÉTODO DEL COEFICIENTE DE BALASTO	3
4.2.	METODOLOGÍA:	4
4.3.	CÁLCULO DEL VALOR DEL COEFICIENTE DE BALASTO	5
5.	DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN DE LAS ALETAS	6
5.1.	INTRODUCCIÓN	6
5.2.	SECCIONES DE LAS ALETAS. DESCRIPCIÓN ESTRUCTURA	6
5.3.	ACCIONES CONSIDERADAS	6
5.3.1.	ACCIONES PERMANENTES	6
5.3.2.	CARGAS PERMANENTES DE VALOR NO CONSTANTE	6
5.3.3.	ACCIONES VARIABLES	7
5.3.4.	ACCIONES ACCIDENTALES	7
5.4.	COMPROBACIONES EN SERVICIO	7
5.5.	CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES ÓPTIMAS DE PUNTERA Y TALÓN DE ALETA	7
5.5.1.	ALETA 1A	7
5.5.2.	ALETA 1B	9
5.5.3.	ALETA 2A	10
5.5.4.	ALETA 2B	12
5.5.5.	ALETA 3A	13
5.5.6.	ALETA 3B	15
5.5.7.	ALETA 4A	16
5.5.8.	ALETA 4B	18

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo pretende aclarar las incógnitas que se tienen para empezar el correcto dimensionamiento de las cimentaciones de estructuras. Es por ello que antes de armar los elementos de hormigón se deben realizar unos trabajos previos que determinen la idoneidad de la cimentación. Aquí se incluye la información geotécnica necesaria para el correcto diseño de las cimentaciones.

Para la realización de este anejo nos vamos a apoyar en la información contenida en los anejos nº3 (Geología) y 4 (Geotecnia).

En este anejo veremos claramente diferenciada por un lado la cimentación directa del marco mediante el cálculo del módulo de balasto y por otro lado la comprobación de deslizamiento, hundimiento y vuelco de las zapatas de las aletas.

Por tanto, el objeto de este anejo es el análisis de la correcta cimentación de la obra de paso inferior situada bajo el PK 11-557 de la Autovía A-7 en su tramo entre Cocentaina y Muro de Alcoy. Esta obra se pretende realizar directamente contra el terreno disponiendo tan sólo entre éste y la losa inferior del marco una capa de 10cm de hormigón de regularización.

2. UNIDADES LITOLÓGICAS ENCONTRADAS. SONDEO ST-6

Los trabajos realizados que han sido explicados en el correspondiente Anejo Nº 4 Geotecnia, nos han permitido conocer los estratos que se encuentran bajo la superficie en la localización de nuestras obras.

Si analizamos conjuntamente el replanteo de la obra y el sondeo ST-6 realizado en las proximidades, podemos resumir según lo ya explicado que el terreno natural queda a la cota 454.85 en la sección de referencia en que se cortan las líneas de referencia de la Autovía y de la glorieta. Esta cota queda 2.70m por encima del plano de cimentación al que se debe llegar para la realización de las obras.

Mediante el análisis del sondeo realizado vemos que debajo de ese plano de referencia se haya un estrato de 1.222 m de material aluvial arcilloso y limoso. Bajo este estrato se haya un estrato de espesor indefinido de material de arcillas margosas y biodetríticas.

Estos dos materiales se han identificado en el proyecto bajo los códigos de 'Tap' para las arcillas margosas y biodetríticas y 'Qal-C' para el material aluvial arcilloso – limoso.

El sondeo también nos ha informado de que no se ha encontrado nivel freático a profundidad por lo que se entiende que todos los cálculos a realizar serán sin la presencia de éste.

Estas informaciones quedan reflejadas en el perfil geotécnico incluido en planos y en el apéndice del sondeo ST-6 incluido en el Anejo Nº4 Geotecnia.

3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Los datos obtenidos del sondeo ST-6 realizado en el PK 11+560 de la A-7 son los siguientes:

- Cota del nivel freático: Seco
- Densidad aparente: $\gamma_{ap} = 2'04 \text{ t/m}^3 = 20'4 \text{ kN/m}^3$
- Densidad seca: $\gamma_d = 1'75 \text{ t/m}^3 = 17'5 \text{ kN/m}^3$
- Peso específico equivalente: $\gamma^* = \gamma' = \gamma_{ap} = 20'4 \text{ kN/m}^3$
- Cohesión del material: $R_u = 6'13 \text{ kg/cm}^2 = 0'613 \text{ MPa} \rightarrow c = 306'5 \text{ kN/m}^2$
- Cohesión efectiva del material: $c' = 2'8 \text{ kg/cm}^2 = 280 \text{ kN/m}^2$
- Ángulo de rozamiento: $\varphi = 28^\circ$
- Factor de seguridad a corto plazo: $F_{cp} = 3$
- Factor de seguridad a largo plazo: $F_{lp} = 3$
- Módulo de deformación efectivo: $E' = 20 \text{ Mpa}$

4. MÓDULO DE BALASTO PARA LA CIMENTACIÓN DEL MARCO

A continuación se explicará la formulación utilizada y los cálculos realizados para la obtención del módulo de balasto. Este valor será el que posteriormente se utilizará en el modelo informático para modelizar la reacción del terreno a las cargas mediante la utilización de unos muelles de coeficiente k igual al módulo de balasto. La cimentación del marco se realiza de forma superficial a través de la losa inferior directamente contra el terreno por lo que conocer este coeficiente es fundamental.

Se debe mencionar que se ha seguido la publicación de M. J. Freire en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas⁴.

4.1. INTRODUCCIÓN AL MÉTODO DEL COEFICIENTE DE BALASTO

El método que se va a utilizar en esta sección es el llamado Método de Winkler debido a su autor en 1867 y que sirvió de base para todos los posteriores trabajos.

Si bien sabemos que este modelo no se ajusta a la realidad, la experiencia nos dice que los resultados sí son útiles lo que aporta ya de por sí un alto grado de confianza en su utilización. Esto puede ser debido a que las tensiones transmitidas al terreno son de pequeña entidad y en esta zona los valores responden con cierta aproximación a los que resultan de este modelo.

El método parte de la hipótesis de que el asiento producido en un punto es proporcional a la presión a la que está sometido, transmitida por la cimentación:

$$p = s \cdot k_s$$

Donde:

- p = presión transmitida al terreno
- s = asiento experimentado
- k_s = Coeficiente o Módulo de Balasto, con unidades de kg/cm^3 .

Las condiciones que introduce el Método de Winkler, partiendo del modelo de suelo elástico lineal, son que el suelo es isótropo y heterogéneo, con Módulo de Young linealmente variable en profundidad. Las particularidades del modelo dentro de este grupo general se estriban en que considera un valor nulo en superficie para el módulo E , y se supone que el terreno es incompresible, $\mu = 0,5$.

La problemática del planteamiento del método tiene debido a estas premisas los siguientes problemas:

- El módulo de deformación en terrenos homogéneos es creciente con la profundidad, pero que este crecimiento se produzca por correlación lineal es discutible.

- El valor nulo del módulo de Young en superficie es incorrecto incluso para suelos muy flojos.

Sin embargo, ensayos de laboratorio con placa de carga han demostrado que mientras las cargas no superen un cierto límite los asentamientos son proporcionales a las cargas aplicadas (hipótesis general del método). Además el asiento de una gran cimentación es muy diferente del encontrado para una pequeña superficie a la misma presión unitaria, razón que justifica una serie de correcciones introducidas al método y que incluso puede llegar a inhabilitarlo para ciertas soluciones y a partir de ciertas dimensiones de los elementos.

4.2. METODOLOGÍA:

De acuerdo con la hipótesis general del método, en pequeñas superficies y para placa circular se introduce, siguiendo a Caquot, la hipótesis de que el coeficiente de balasto es inversamente proporcional al diámetro de la placa empleada:

$$d \cdot K_b = d' \cdot K_b,$$

Donde:

- d y d' : los diámetros de la placa de ensayo
- K_b y K_b' : módulos de balasto correspondientes a esos cimientos determinados.

Se admite igualmente que el valor correspondiente a una placa de carga cuadrada equivale al de una placa circular de igual área. Esta hipótesis admite implícitamente que, para el rango de dimensiones de las placas de carga (de 30 a 75 cm) el asiento producido es proporcional al tamaño de la cimentación.

Las relaciones anteriores son especialmente útiles para correlacionar resultados experimentales, normalmente derivados de ensayos realizados con las placas de diámetros normalizados 34 y 75 cm con placa cuadrada de 30 cm de lado, de tal forma que la expresión anterior se convierte en $34 \cdot K_{34} = 75 \cdot K_{75}$ para las placas circulares, admitiéndose además que $K_{34} = K_{30}$, siendo este último el valor para la placa cuadrada de lado 30 cm.

La expresión anterior se admite para todo tipo de terrenos y para pequeñas dimensiones de la faja de carga. Cuando las dimensiones son las usuales en cimentaciones superficiales precisa de ciertas correcciones para desterrar la errónea concepción de que el Módulo de Balasto depende exclusivamente de la naturaleza del subsuelo.

En la referencia anterior, Terzaghi fundamenta la formulación en una reflexión sobre el tamaño de los bulbos de presiones y los asentamientos producidos. Posteriormente justifica las expresiones que evalúan los

valores del Módulo de Balasto a partir del estudio de los asentamientos de zapatas corridas de diferentes dimensiones trabajando a presión constante sobre arenas y arcillas homogéneas. Terzaghi aproximó la variación del asiento ocurrido en las zapatas a partir del experimentado por una placa de carga cuadrada de 30 cm como:

$$s_c = s_{30} \cdot \frac{b_c}{30} \quad (\text{Arcillas duras})$$

$$s_c = s_{30} \cdot \left(\frac{2 \cdot b_c}{b_c + 30} \right)^2 \quad (\text{Arenas})$$

Donde:

- s_{30} es el asiento experimentado por la placa de 30 cm
- s_c es el asiento del cimiento
- b_c es el ancho del cimiento.

De acuerdo con la ecuación inicial y dado que la presión transmitida es constante, es inmediato obtener:

$$k_c = k_{30} \cdot \frac{30}{b_c} \quad (\text{Arcillas duras})$$

$$k_c = k_{30} \cdot \left(\frac{b_c + 30}{2 \cdot b_c} \right)^2 \quad (\text{Arenas})$$

Estas son las ecuaciones clásicas propuestas por Terzaghi en 1955 para zapatas o cimentaciones corridas donde:

- k_{30} es el valor del balasto para placa de 30 cm
- k_c es el correspondiente al cimiento.

Sobre ellas otros expertos han indicado que estas ecuaciones son aplicables exclusivamente a cimentaciones superficiales y casi superficiales, por lo que su aplicación a cimentaciones de estructuras altas es dudosa.

Terzaghi en referencia añade además:

$$k_c = k_{30} \cdot \left(\frac{\alpha + 0,5}{1,5 \cdot \alpha} \right)^2 \quad \text{siendo } \alpha = l_c / b_c$$

Esta expresión es válida para una placa cuadrada de 1 pie (30cm), siendo l_c la longitud del cimiento. El propio autor aclara que, para zapatas aisladas, zapatas continuas y vigas flotantes, las expresiones

anteriores son válidas siempre que la presión de contacto no supere la mitad de la capacidad portante última del subsuelo; mientras que para losas sometidas a cargas concentradas lo son mientras que ninguna de las cargas concentradas supere la mitad de la capacidad portante última de la zapata equivalente de radio R.

Autores posteriores han adaptado esta expresión generalizándola para cualquier ancho de cimiento y expresándola en el sistema internacional de unidades:

$$k_c = k_{30} \cdot \frac{2\alpha + 1}{3\alpha} \cdot \frac{b_{30}}{b_c} \text{ siendo } \alpha = l_c/b_c \quad [1]$$

La modelización del terreno se vuelve, con las correcciones anteriores, un poco más específica.

4.3. CÁLCULO DEL VALOR DEL COEFICIENTE DE BALASTO

A partir de los ensayos de placa de carga de realizados en la zona se ha determinado el siguiente valor del módulo de balasto

$$k_{30} = 3,00 \text{ Kp/cm}^3 = 30000 \text{ KN/m}^3$$

Como la estructura a diseñar está cimentada mediante una losa de cimentación, el uso de un solo Coeficiente de Balasto constante para toda la cimentación puede conducir a errores por infravaloración de los resultados, ya que éste depende de:

- Tamaño del cimiento.
- Área tributaria del nodo.
- Profundidad efectiva.
- Módulo de Balasto elegido.
- Variación del Módulo con la profundidad.
- Características dependientes del tiempo:
 - o Asientos por consolidación.
 - o Asientos por consolidación parcial

Por ello, se va a dividir la losa de cimentación en 3 tramos iguales de 15 metros a lo largo de toda su longitud con un módulo de balasto diferente. Como solo se tiene resultados del ensayo de placa de carga en la traza de la autovía se va a calcular el coeficiente de balasto del tramo central y el valor obtenido será el utilizado para el cálculo de la estructura, puesto que este cálculo se realiza modelizando el tramo de 1 metro de longitud más solicitado de todo el marco (que se encuentra en el tramo central que hemos definido).

Las dimensiones de la losa a emplear en los cálculos son las siguientes: $l_c = 15 \text{ metros}$ y $b_c = 12 \text{ metros}$, siendo

$$\alpha = l_c/b_c = 15/12 = 1.25$$

A pesar de que la dimensión b_c es 12m, la experiencia dice que la utilización de este método da resultados muy conservadores para geometrías muy grandes de losas. Por ello, el factor b_c de la formulación lo vamos a minorar para no tener un resultado tan restrictivo. Sustituyendo estos parámetros en la expresión [1] se obtiene el valor del coeficiente de balasto:

$$k_c = k_{30} \cdot \frac{2\alpha + 1}{3\alpha} \cdot \frac{b_{30}}{b_c \cdot (0.85)} = k_c = 30000 \cdot \frac{2 \cdot 1.25 + 1}{3 \cdot 1.25} \cdot \frac{0,3}{12 \cdot 0.85} = 823.53 \text{ KN/m}^3$$

5. DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN DE LAS ALETAS

5.1. INTRODUCCIÓN

Una vez se termine la construcción del marco, se llevará a cabo la de las aletas, que serán los elementos encargados de contener las tierras del terraplén para que no invadan los viales de la glorieta. Estos terraplenes tienen un talud de 3H:2V que sumado al ángulo que se establece entre la boca del marco, paralela a las líneas de nivel, con las aletas, establece un ángulo de ataque de las tierras al muro no normal a éste, como ocurriría en el caso de que el ángulo entre aleta y boca del marco fuese perpendicular.

La disposición de este ángulo es fundamentalmente estética, de tal forma que aporte al usuario la visibilidad necesaria para el tráfico, garantizando siempre todas las condiciones de seguridad. La ejecución de las aletas se realizará a tope con el marco dejando entre ambos una junta de hormigonado sin armaduras pasantes.

En el presente estudio se analizarán las dimensiones que debe tener la zapata de cada aleta para el correcto cumplimiento de los factores de seguridad frente a hundimiento, vuelco y deslizamiento.

5.2. SECCIONES DE LAS ALETAS. DESCRIPCIÓN ESTRUCTURA

Las aletas se han modelizado como muros ménsula unidos rígidamente a una zapata corrida y que tiene el empuje de las tierras en su trasdós. Para evitar su vuelco, deslizamiento o hundimiento, la zapata tiene las longitudes de la puntera y el talón para contrarrestar los efectos negativos.

La altura del muro respecto al plano superior de la zapata varía de 6.7m en la unión del muro al marco a 1.0m al final de la aleta. La altura de tierras va en descenso siempre por debajo de la coronación del muro hasta intersectar el extremo de la aleta de 1m de altura de muro.

Las longitudes de las aletas varían entre 12.882m de la aleta 2 a 8.98m de la aleta 3. Debido a esta longitud y con la intención del ahorro de material, a partir de un poco antes de la mitad de la longitud de la aleta se dividirá ésta en dos para disminuir las dimensiones de la misma cuando la altura de tierras a soportar es inferior. Así pues, todas las aletas se dividirán en dos y se establecerá una junta de hormigonado entre ambas. Las aletas han sido nombradas como Aleta 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B, 4A y 4B. Las dimensiones de las mismas quedan definidas en el “Anejo nº 1: Definición de las obras” y en los planos correspondientes.

Tanto los cálculos geotécnicos como los de armado se van a realizar suponiendo que el muro de la aleta es de altura constante igual a la máxima altura. Así pues se tomará una rebanada de 1m para realizar

todos los cálculos. El estudio del armado de la aleta se verá posteriormente en el “Anejo nº7: Cálculos estructurales”.

El ángulo α entre la boca del marco (o la traza de la autovía) y las aletas tiene un valor de 40° para las aletas 1, 2 y 4 mientras que la aleta 3 mantiene un ángulo de 60°.

El predimensionamiento realizado, que posteriormente se comprobará su correcto funcionamiento, sigue las siguientes normas:

- La altura del muro quedará a la misma altura que el plano superior de la losa superior del marco.
- La zapata de la aleta quedará a la misma altura que el plano superior de la losa inferior del marco.
- El espesor del muro será igual al 10% de la altura de éste, redondeando siempre al decimal superior.
- El espesor de la zapata será igual al 10% de la altura del muro más 10cm.

Siguiendo estos criterios, se han diseñado las aletas tal como se muestra en los planos 15-19.

5.3. ACCIONES CONSIDERADAS

5.3.1. ACCIONES PERMANENTES

5.3.1.1. PESO PROPIO

El peso propio corresponde con el peso de los elementos estructurales. Esta carga viene de multiplicar el peso específico del hormigón armado, 25 KN/m³, por la sección de hormigón en cada caso. Así obtenemos una carga uniforme repartida a lo largo de la longitud del muro y la zapata en sentido gravitacional. Hemos dividido esta carga en peso de muro y peso de zapata. Para ver los valores obtenidos se recomienda visionar el apéndice de cálculos.

5.3.1.2. PESO DE LAS TIERRAS SOBRE LA ZAPATA

Se modeliza el material de relleno con un peso específico de 20 KN/m³ que transmite una carga uniforme a la zapata. La altura de tierras viene definida en los planos correspondientes.

5.3.2. CARGAS PERMANENTES DE VALOR NO CONSTANTE

5.3.2.1. EMPUJE ACTIVO DEL TERRENO

En este caso, debido a que el terreno no tiene unas líneas de nivel perpendiculares al muro sino que el terraplén ataca al muro con un ángulo “i” calculado en el debido anejo de estudio geotécnico para cimentaciones de estructuras, esta carga transmite tanto componente vertical como horizontal. Además, los cálculos para obtener el coeficiente de empuje activo no son simplificables como en el caso del marco

sino que la formulación utilizada es la expuesta por ejemplo en el método de Monone-Okabe. Para ver los valores que adopta esta carga en cada caso se recomienda el análisis del apéndice de este anejo.

Se debe destacar que el empuje del terreno se calcula de la misma forma que se ha descrito en el apartado “4.2 – Acciones consideradas” dl “Anejo Nº 7: Cálculos estructurales”. Pero en este caso, el ángulo de inclinación de las tierras respecto de la horizontal que pasa por la base del muro (ángulo i) no es nulo, si no que depende del ángulo de desviación de las aletas (ángulo α) y del tendido del talud (3H:2V) siguiendo la siguiente expresión:

$$i = \arctan\left(\frac{2}{3/\cos \alpha}\right)$$

Por tanto el valor del coeficiente de empuje activo, tanto el estático como el dinámico, varía en función de cada aleta.

5.3.3. ACCIONES VARIABLES

5.3.3.1. SOBRECARGA EN TERRAPLENES ADYACENTES

Ya que no se prevé la circulación en las laderas del terraplén que se ve contenido por las aletas, la única acción variable a tener en cuenta es la sobrecarga en terraplenes adyacentes. Esta se modeliza de igual modo al caso del marco enterrado a través de una sobrecarga de 10 kN/m² que se transforma en una carga horizontal al multiplicar por el coeficiente de empuje activo. Estas fuerzas horizontales se aplican contra el muro de la aleta.

5.3.4. ACCIONES ACCIDENTALES

5.3.4.1. SISMO. EMPUJES DE TIERRAS.

De igual modo al procedimiento con el marco, se modeliza una carga repartida horizontal con una distribución triangular invertida aplica contra el muro de la aleta.

5.4. COMPROBACIONES EN SERVICIO

Se deben realizar las siguientes comprobaciones en cada una de las secciones de las diferentes aletas:

- Seguridad al vuelco
- Seguridad al deslizamiento
- Seguridad ante el hundimiento

Para las diferentes combinaciones de acciones se deberá comprobar que los coeficientes de seguridad no superen a los mínimos que encontramos en la *Guía de cimentaciones en obras de carretera*:

Coef. de seguridad mínimos	Combinación Característica	Combinación Casi-Permanente	Combinación Accidental
Hundimiento	2,6	3	2,2
Deslizamiento	1,3	1,5	1,1
Vuelco	1,8	2	1,5

5.5. CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES ÓPTIMAS DE PUNTERA Y TALÓN PARA CADA SECCIÓN DE ALETA

El objetivo de los cálculos que se muestran a continuación ha sido la comprobación de las dimensiones de las aletas para que cumpliesen los coeficientes de seguridad antes descritos. Para ello, se ha preparado una hoja de cálculo que introduciendo una serie de datos, realiza los cálculos pertinentes explicados en la norma hasta obtener los coeficientes de seguridad.

5.5.1. ALETA 1A

Para iniciar los cálculos, los datos de partida introducidos han sido:

H Tierras (m)	6,05	γ Hormigón (kN/m ³)	25	φ (°)	30
H Hormigón (m)	6,7	γ Relleno (kN/m ³)	20	α (°)	40
Ancho Muro (m)	0,7	γ Terreno (kN/m ³)	20,4	i (°)	27,0532
Canto Zapata (m)	0,8	c (kPa)	306,5	θ (°)	6,645
Puntera (m)	1,2	c' (kPa)	0	Kae	0,5480
Talón (m)	2,5	B	4,4	Kad	0,6023

En esta tabla aparecen ya los primeros cálculos como son el ángulo “i” los coeficientes de empuje activo estático y dinámico. En ella se ve también como las dimensiones evaluadas como óptimas, como veremos a continuación, son 1.20m para la puntera y 2.50m para el talón.

Con todos los parámetros y dimensiones definidos anteriormente se obtienen las siguientes cargas actuantes sobre la sección de aleta a calcular:

Acción	Fuerza H (kN)	Fuerza V (kN)	x (m)	Mfav (kN·m)	Mdesfav (kN·m)
W1 (Peso Muro)	0	117,25	1,55	181,74	0
W2 (Peso Zapata)	0	88,00	2,2	193,6	0
Wt (Peso Terreno)	0	302,50	3,15	952,875	0
Ea (Empuje Activo)	229,00	116,95	2,28	0	522,88
Esc (Empuje Sobrec.)	33,43	17,07	3,425	0	114,50
Sismo	22,70	11,59	4,57	0	103,67

	ELU	ELS Característica	ELS Casi-permanente	ELU Sismo
Fuerza H (kN)	373,58	249,05	52,49	75,19
Fuerza V (kN)	876,25	634,94	534,55	546,15
Mfav (kN·m)	1793,09	1328,21	1328,21	1328,21
Mdesfav (kN·m)	887,36	591,57	127,47	231,14
e (m)	1,03	1,16	2,25	2,01
B' (m)	2,067	2,320	4,400	4,017

Los cálculos intermedios para la carga de hundimiento son los siguientes:

ELS Combinación Característica

q (kPa)	16,32
---------	-------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	2,340
	Nc,lp	30,14	sc,lp	2,417
	Ny,lp	15,07	sy,lp	0,072
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,464
	Ny,cp	0,00	sy,cp	0,072

qh,lp (kPa)	728,24	qh,cp (kPa)	2323,54
-------------	--------	-------------	---------

qh (kPa)	728,24	qt (kPa)	273,64
qhn (kPa)	711,92	qtn (kPa)	257,32

ELS Combinación Casi-permanente

q (kPa)	16,32
---------	-------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	3,540
	Nc,lp	30,14	sc,lp	3,686
	Ny,lp	15,07	sy,lp	-0,760
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,880
	Ny,cp	0,00	sy,cp	-0,760

qh,lp (kPa)	549,17	qh,cp (kPa)	2979,01
-------------	--------	-------------	---------

qh (kPa)	549,17	qt (kPa)	121,49
qhn (kPa)	532,85	qtn (kPa)	105,17

ELU Combinación Sísmica

q (kPa)	16,32
---------	-------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	3,319
	Nc,lp	30,14	sc,lp	3,453
	Ny,lp	15,07	sy,lp	-0,607
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,803
	Ny,cp	0,00	sy,cp	-0,607

qh,lp (kPa)	622,03	qh,cp (kPa)	2858,45
-------------	--------	-------------	---------

qh (kPa)	622,03	qt (kPa)	135,94
qhn (kPa)	605,71	qtn (kPa)	119,62

Los cálculos intermedios para el deslizamiento son los siguientes:

	H _{máx} (kN)	H (kN)
ELS Combinación Característica	1077,77	249,05
ELS Combinación Casi-permanente	1657,22	52,49
ELU Combinación Sísmica	1546,68	75,19

Y los coeficientes de seguridad obtenidos para cada una de las combinaciones de acciones consideradas son los que se adjuntan en esta tabla:

Coeficientes de seguridad		
Hundimiento	ELS Característica	2,77
	ELS Casi-permanente	5,07
	ELU Sísmo	5,06
Deslizamiento	ELS Característica	4,33
	ELS Casi-permanente	31,58
	ELU Sísmo	20,57
Vuelco	ELS Característica	2,25
	ELS Casi-permanente	10,42
	ELU Sísmo	5,75

5.5.2. ALETA 1B

Para iniciar los cálculos, los datos de partida introducidos han sido:

H Tierras (m)	3,5517	γ Hormigón (kN/m ³)	25	φ (°)	30
H Hormigón (m)	3,88	γ Relleno (kN/m ³)	20	α (°)	40
Ancho Muro (m)	0,4	γ Terreno (kN/m ³)	20,4	i (°)	27,0532
Canto Zapata (m)	0,5	c (kPa)	306,5	θ (°)	6,645
Puntera (m)	0,8	c' (kPa)	0	K _{ae}	0,5480
Talón (m)	1,5	B	2,7	K _{ad}	0,6023

En esta tabla aparecen ya los primeros cálculos como son el ángulo “i” los coeficientes de empuje activo estático y dinámico. En ella se ve también como las dimensiones evaluadas como óptimas, como veremos a continuación, son 0.80m para la puntera y 1.50m para el talón.

Con todos los parámetros y dimensiones definidos anteriormente se obtienen las siguientes cargas actuantes sobre la sección de aleta a calcular:

Acción	Fuerza H (kN)	Fuerza V (kN)	x (m)	M _{fav} (kN·m)	M _{desfav} (kN·m)
W1 (Peso Muro)	0	38,80	1	38,80	0
W2 (Peso Zapata)	0	33,75	1,35	45,5625	0
Wt (Peso Terreno)	0	106,55	1,95	207,77445	0
Ea (Empuje Activo)	80,12	40,92	1,35	0	108,20
Esc (Empuje Sobrec.)	19,77	10,10	2,02585	0	40,06
Sismo	7,94	4,06	2,70	0	21,45

	ELU	ELS Característica	ELS Casi-permanente	ELU Sísmo
Fuerza H (kN)	137,97	91,98	19,98	27,92
Fuerza V (kN)	312,25	226,08	189,30	193,36
M _{fav} (kN·m)	394,38	292,14	292,14	292,14
M _{desfav} (kN·m)	198,36	132,24	29,65	51,11
e (m)	0,63	0,71	1,39	1,25
B' (m)	1,256	1,415	2,700	2,493

Los cálculos intermedios para la carga de hundimiento son los siguientes:

ELS Combinación Característica

q (kPa)	10,2
---------	------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	N _{q,lp}	18,401	s _{q,lp}	1,817
	N _{c,lp}	30,14	s _{c,lp}	1,864
	N _{γ,lp}	15,07	s _{γ,lp}	0,434
Corto plazo	N _{q,cp}	1,000	s _{q,cp}	1,000
	N _{c,cp}	5,14	s _{c,cp}	1,283
	N _{γ,cp}	0,00	s _{γ,cp}	0,434

q _{h,lp} (kPa)	435,38	q _{h,cp} (kPa)	2031,94
-------------------------	--------	-------------------------	---------

q _h (kPa)	435,38	q _t (kPa)	159,82
q _{hn} (kPa)	425,18	q _{tn} (kPa)	149,62

ELS Combinación Casi-permanente

q (kPa) 10,2

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	2,559
	Nc,lp	30,14	sc,lp	2,648
	N γ ,lp	15,07	s γ ,lp	-0,080
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,540
	N γ ,cp	0,00	s γ ,cp	-0,080

qh,lp (kPa) 447,07 qh,cp (kPa) 2437,08

qh (kPa) 447,07 qt (kPa) 70,11
qhn (kPa) 436,87 qtn (kPa) 59,91

ELU Combinación Sísmica

q (kPa) 10,2

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	2,439
	Nc,lp	30,14	sc,lp	2,522
	N γ ,lp	15,07	s γ ,lp	0,003
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,499
	N γ ,cp	0,00	s γ ,cp	0,003

qh,lp (kPa) 458,91 qh,cp (kPa) 2371,87

qh (kPa) 458,91 qt (kPa) 77,56
qhn (kPa) 448,71 qtn (kPa) 67,36

Los cálculos intermedios para el deslizamiento son los siguientes:

	Hmáx (kN)	H (kN)
ELS Combinación Característica	564,09	91,98
ELS Combinación Casi-permanente	936,84	19,98
ELU Combinación Sísmica	875,77	27,92

Y los coeficientes de seguridad obtenidos para cada una de las combinaciones de acciones consideradas son los que se adjuntan en esta tabla:

Coeficientes de seguridad		
Hundimiento	ELS Característica	2,84
	ELS Casi-permanente	7,29
	ELU Sismo	6,66
Deslizamiento	ELS Característica	6,13
	ELS Casi-permanente	46,89
	ELU Sismo	31,37
Vuelco	ELS Característica	2,21
	ELS Casi-permanente	9,85
	ELU Sismo	5,72

5.5.3. ALETA 2A

Para iniciar los cálculos, los datos de partida introducidos han sido:

H Tierras (m)	6,1214	γ Hormigón (kN/m ³)	25	ϕ (°)	30
H Hormigón (m)	6,7	γ Relleno (kN/m ³)	20	α (°)	40
Ancho Muro (m)	0,7	γ Terreno (kN/m ³)	20,4	i (°)	27,0532
Canto Zapata (m)	0,8	c (kPa)	306,5	θ (°)	6,645
Puntera (m)	1,2	c' (kPa)	0	Kae	0,5480
Talón (m)	2,5	B	4,4	Kad	0,6023

En esta tabla aparecen ya los primeros cálculos como son el ángulo “i” los coeficientes de empuje activo estático y dinámico. En ella se ve también como las dimensiones evaluadas como óptimas, como veremos a continuación, son 1.20m para la puntera y 2.50m para el talón.

Con todos los parámetros y dimensiones definidos anteriormente se obtienen las siguientes cargas actuantes sobre la sección de aleta a calcular:

Acción	Fuerza H (kN)	Fuerza V (kN)	x (m)	Mfav (kN·m)	Mdesfav (kN·m)
W1 (Peso Muro)	0	117,25	1,55	181,74	0
W2 (Peso Zapata)	0	88,00	2,2	193,6	0
Wt (Peso Terreno)	0	306,07	3,15	964,1205	0
Ea (Empuje Activo)	233,80	119,40	2,31	0	539,40
Esc (Empuje Sobrec.)	33,78	17,25	3,4607	0	116,90
Sismo	23,18	11,84	4,61	0	106,95

	ELU	ELS Característica	ELS Casi-permanente	ELU Sismo
Fuerza H (kN)	381,09	254,06	53,51	76,69
Fuerza V (kN)	884,90	641,07	538,65	550,49
Mfav (kN·m)	1808,27	1339,46	1339,46	1339,46
Mdesfav (kN·m)	914,30	609,54	131,26	238,20
e (m)	1,01	1,14	2,24	2,00
B' (m)	2,020	2,277	4,400	4,001

Los cálculos intermedios para la carga de hundimiento son los siguientes:

ELS Combinación Característica

q (kPa)	16,32
---------	-------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	2,315
	Nc,lp	30,14	sc,lp	2,390
	Ny,lp	15,07	sy,lp	0,089
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,455
	Ny,cp	0,00	sy,cp	0,089

qh,lp (kPa)	726,33	qh,cp (kPa)	2309,95
-------------	--------	-------------	---------

qh (kPa)	726,33	qt (kPa)	281,52
qhn (kPa)	710,01	qtn (kPa)	265,20

ELS Combinación Casi-permanente

q (kPa)	16,32
---------	-------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	3,540
	Nc,lp	30,14	sc,lp	3,686
	Ny,lp	15,07	sy,lp	-0,760
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,880
	Ny,cp	0,00	sy,cp	-0,760

qh,lp (kPa)	549,17	qh,cp (kPa)	2979,01
-------------	--------	-------------	---------

qh (kPa)	549,17	qt (kPa)	122,42
qhn (kPa)	532,85	qtn (kPa)	106,10

ELU Combinación Sísmica

q (kPa)	16,32
---------	-------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	3,310
	Nc,lp	30,14	sc,lp	3,443
	Ny,lp	15,07	sy,lp	-0,600
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,800
	Ny,cp	0,00	sy,cp	-0,600

qh,lp (kPa)	624,76	qh,cp (kPa)	2853,26
-------------	--------	-------------	---------

qh (kPa)	624,76	qt (kPa)	137,59
qhn (kPa)	608,44	qtn (kPa)	121,27

Los cálculos intermedios para el deslizamiento son los siguientes:

	H _{máx} (kN)	H (kN)
ELS Combinación Característica	1068,09	254,06
ELS Combinación Casi-permanente	1659,59	53,51
ELU Combinación Sísmica	1544,14	76,69

Y los coeficientes de seguridad obtenidos para cada una de las combinaciones de acciones consideradas son los que se adjuntan en esta tabla:

Coeficientes de seguridad		
Hundimiento	ELS Característica	2,68
	ELS Casi-permanente	5,02
	ELU Sismo	5,02
Deslizamiento	ELS Característica	4,20
	ELS Casi-permanente	31,01
	ELU Sismo	20,13
Vuelco	ELS Característica	2,20
	ELS Casi-permanente	10,20
	ELU Sismo	5,62

5.5.4. ALETA 2B

Para iniciar los cálculos, los datos de partida introducidos han sido:

H Tierras (m)	3,5729	γ Hormigón (kN/m ³)	25	φ (°)	30
H Hormigón (m)	3,868	γ Relleno (kN/m ³)	20	α (°)	40
Ancho Muro (m)	0,4	γ Terreno (kN/m ³)	20,4	i (°)	27,0532
Canto Zapata (m)	0,5	c (kPa)	306,5	θ (°)	6,645
Puntera (m)	0,8	c' (kPa)	0	K _{ae}	0,5480
Talón (m)	1,5	B	2,7	K _{ad}	0,6023

En esta tabla aparecen ya los primeros cálculos como son el ángulo “i” los coeficientes de empuje activo estático y dinámico. En ella se ve también como las dimensiones evaluadas como óptimas, como veremos a continuación, son 0.80m para la puntera y 1.50m para el talón.

Con todos los parámetros y dimensiones definidos anteriormente se obtienen las siguientes cargas actuantes sobre la sección de aleta a calcular:

Acción	Fuerza H (kN)	Fuerza V (kN)	x (m)	M _{fav} (kN·m)	M _{desfav} (kN·m)
W1 (Peso Muro)	0	38,68	1	38,68	0
W2 (Peso Zapata)	0	33,75	1,35	45,5625	0
Wt (Peso Terreno)	0	107,19	1,95	209,01465	0
Ea (Empuje Activo)	80,96	41,34	1,36	0	109,91
Esc (Empuje Sobrec.)	19,88	10,15	2,03645	0	40,48
Sismo	8,03	4,10	2,72	0	21,79

	ELU	ELS Característica	ELS Casi-permanente	ELU Sismo
Fuerza H (kN)	139,33	92,88	20,17	28,19
Fuerza V (kN)	313,64	227,05	189,92	194,01
M _{fav} (kN·m)	395,90	293,26	293,26	293,26
M _{desfav} (kN·m)	201,30	134,20	30,08	51,87
e (m)	0,62	0,70	1,39	1,24
B' (m)	1,241	1,401	2,700	2,488

Los cálculos intermedios para la carga de hundimiento son los siguientes:

ELS Combinación Característica

q (kPa)	10,2
---------	------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	N _{q,lp}	18,401	s _{q,lp}	1,809
	N _{c,lp}	30,14	s _{c,lp}	1,855
	N _{γ,lp}	15,07	s _{γ,lp}	0,440
Corto plazo	N _{q,cp}	1,000	s _{q,cp}	1,000
	N _{c,cp}	5,14	s _{c,cp}	1,280
	N _{γ,cp}	0,00	s _{γ,cp}	0,440

q _{h,lp} (kPa)	434,18	q _{h,cp} (kPa)	2027,69
-------------------------	--------	-------------------------	---------

q _h (kPa)	434,18	q _t (kPa)	162,05
q _{hn} (kPa)	423,98	q _{tn} (kPa)	151,85

ELS Combinación Casi-permanente

q (kPa)	10,2
---------	------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	2,559
	Nc,lp	30,14	sc,lp	2,648
	Ny,lp	15,07	sy,lp	-0,080
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,540
	Ny,cp	0,00	sy,cp	-0,080

qh,lp (kPa)	447,07	qh,cp (kPa)	2437,08
-------------	--------	-------------	---------

qh (kPa)	447,07	qt (kPa)	70,34
qhn (kPa)	436,87	qtn (kPa)	60,14

ELU Combinación Sísmica

q (kPa)	10,2
---------	------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	2,437
	Nc,lp	30,14	sc,lp	2,519
	Ny,lp	15,07	sy,lp	0,005
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,498
	Ny,cp	0,00	sy,cp	0,005

qh,lp (kPa)	459,12	qh,cp (kPa)	2370,37
-------------	--------	-------------	---------

qh (kPa)	459,12	qt (kPa)	77,97
qhn (kPa)	448,92	qtn (kPa)	67,77

Los cálculos intermedios para el deslizamiento son los siguientes:

	Hmáx (kN)	H (kN)
ELS Combinación Característica	560,52	92,88
ELS Combinación Casi-permanente	937,20	20,17
ELU Combinación Sísmica	874,69	28,19

Y los coeficientes de seguridad obtenidos para cada una de las combinaciones de acciones consideradas son los que se adjuntan en esta tabla:

Coeficientes de seguridad		
Hundimiento	ELS Característica	2,79
	ELS Casi-permanente	7,26
	ELU Sismo	6,62
Deslizamiento	ELS Característica	6,03
	ELS Casi-permanente	46,47
	ELU Sismo	31,03
Vuelco	ELS Característica	2,19
	ELS Casi-permanente	9,75
	ELU Sismo	5,65

5.5.5. ALETA 3A

Para iniciar los cálculos, los datos de partida introducidos han sido:

H Tierras (m)	6,0464	γ Hormigón (kN/m3)	25	φ (°)	30
H Hormigón (m)	6,7	γ Relleno (kN/m3)	20	α (°)	60
Ancho Muro (m)	0,7	γ Terreno (kN/m3)	20,4	i (°)	18,4349
Canto Zapata (m)	0,8	c (kPa)	306,5	θ (°)	6,645
Puntera (m)	1	c' (kPa)	0	Kae	0,4272
Talón (m)	2	B	3,7	Kad	0,5803

En esta tabla aparecen ya los primeros cálculos como son el ángulo “i” los coeficientes de empuje activo estático y dinámico. En ella se ve también como las dimensiones evaluadas como óptimas, como veremos a continuación, son 1.00m para la puntera y 2.00m para el talón.

Con todos los parámetros y dimensiones definidos anteriormente se obtienen las siguientes cargas actuantes sobre la sección de aleta a calcular:

Acción	Fuerza H (kN)	Fuerza V (kN)	x (m)	Mfav (kN·m)	Mdesfav (kN·m)
W1 (Peso Muro)	0	117,25	1,35	158,29	0
W2 (Peso Zapata)	0	74,00	1,85	136,9	0
Wt (Peso Terreno)	0	241,86	2,7	653,0112	0
Ea (Empuje Activo)	189,95	63,32	2,28	0	433,49
Esc (Empuje Sobrec.)	27,74	9,25	3,4232	0	94,97
Sismo	68,09	22,70	4,56	0	310,80

	ELU	ELS Característica	ELS Casi-permanente	ELU Sismo
Fuerza H (kN)	309,89	206,60	43,54	111,63
Fuerza V (kN)	687,99	501,97	447,62	470,32
Mfav (kN·m)	1280,07	948,20	948,20	948,20
Mdesfav (kN·m)	735,71	490,47	105,69	416,49
e (m)	0,79	0,91	1,88	1,13
B' (m)	1,582	1,824	3,700	2,261

Los cálculos intermedios para la carga de hundimiento son los siguientes:

ELS Combinación Característica

q (kPa)	16,32
---------	-------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	2,053
	Nc,lp	30,14	sc,lp	2,113
	Ny,lp	15,07	sy,lp	0,271
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,365
	Ny,cp	0,00	sy,cp	0,271

qh,lp (kPa)	692,34	qh,cp (kPa)	2167,01
-------------	--------	-------------	---------

qh (kPa)	692,34	qt (kPa)	275,25
qhn (kPa)	676,02	qtn (kPa)	258,93

ELS Combinación Casi-permanente

q (kPa)	16,32
---------	-------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	3,136
	Nc,lp	30,14	sc,lp	3,259
	Ny,lp	15,07	sy,lp	-0,480
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,740
	Ny,cp	0,00	sy,cp	-0,480

qh,lp (kPa)	668,83	qh,cp (kPa)	2758,38
-------------	--------	-------------	---------

qh (kPa)	668,83	qt (kPa)	120,98
qhn (kPa)	652,51	qtn (kPa)	104,66

ELU Combinación Sísmica

q (kPa)	16,32
---------	-------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	2,305
	Nc,lp	30,14	sc,lp	2,380
	Ny,lp	15,07	sy,lp	0,096
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,452
	Ny,cp	0,00	sy,cp	0,096

qh,lp (kPa)	725,55	qh,cp (kPa)	2304,85
-------------	--------	-------------	---------

qh (kPa)	725,55	qt (kPa)	208,01
qhn (kPa)	709,23	qtn (kPa)	191,69

Los cálculos intermedios para el deslizamiento son los siguientes:

	H _{máx} (kN)	H (kN)
ELS Combinación Característica	848,78	206,60
ELS Combinación Casi-permanente	1392,48	43,54
ELU Combinación Sísmica	964,55	111,63

Y los coeficientes de seguridad obtenidos para cada una de las combinaciones de acciones consideradas son los que se adjuntan en esta tabla:

Coeficientes de seguridad		
Hundimiento	ELS Característica	2,61
	ELS Casi-permanente	6,23
	ELU Sísmo	3,70
Deslizamiento	ELS Característica	4,11
	ELS Casi-permanente	31,98
	ELU Sísmo	8,64
Vuelco	ELS Característica	1,93
	ELS Casi-permanente	8,97
	ELU Sísmo	2,28

5.5.6. ALETA 3B

Para iniciar los cálculos, los datos de partida introducidos han sido:

H Tierras (m)	3,5738	γ Hormigón (kN/m ³)	25	φ (°)	30
H Hormigón (m)	3,9071	γ Relleno (kN/m ³)	20	α (°)	60
Ancho Muro (m)	0,4	γ Terreno (kN/m ³)	20,4	i (°)	18,4349
Canto Zapata (m)	0,5	c (kPa)	306,5	θ (°)	6,645
Puntera (m)	0,5	c' (kPa)	0	K _{ae}	0,4272
Talón (m)	1,5	B	2,4	K _{ad}	0,5803

En esta tabla aparecen ya los primeros cálculos como son el ángulo “i” los coeficientes de empuje activo estático y dinámico. En ella se ve también como las dimensiones evaluadas como óptimas, como veremos a continuación, son 0.50m para la puntera y 1.50m para el talón.

Con todos los parámetros y dimensiones definidos anteriormente se obtienen las siguientes cargas actuantes sobre la sección de aleta a calcular:

Acción	Fuerza H (kN)	Fuerza V (kN)	x (m)	M _{fav} (kN·m)	M _{desfav} (kN·m)
W1 (Peso Muro)	0	39,07	0,7	27,35	0
W2 (Peso Zapata)	0	30,00	1,2	36	0
Wt (Peso Terreno)	0	107,21	1,65	176,9031	0
Ea (Empuje Activo)	67,25	22,42	1,36	0	91,33
Esc (Empuje Sobrec.)	16,51	5,50	2,0369	0	33,63
Sismo	24,11	8,04	2,72	0	65,48

	ELU	ELS Característica	ELS Casi-permanente	ELU Sísmo
Fuerza H (kN)	115,74	77,16	16,75	40,86
Fuerza V (kN)	276,56	202,00	181,87	189,91
M _{fav} (kN·m)	324,34	240,25	240,25	240,25
M _{desfav} (kN·m)	167,25	111,50	24,99	90,47
e (m)	0,57	0,64	1,18	0,79
B' (m)	1,136	1,275	2,367	1,577

Los cálculos intermedios para la carga de hundimiento son los siguientes:

ELS Combinación Característica

q (kPa)	10,2
---------	------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	N _{q,lp}	18,401	s _{q,lp}	1,736
	N _{c,lp}	30,14	s _{c,lp}	1,778
	N _{γ,lp}	15,07	s _{γ,lp}	0,490
Corto plazo	N _{q,cp}	1,000	s _{q,cp}	1,000
	N _{c,cp}	5,14	s _{c,cp}	1,255
	N _{γ,cp}	0,00	s _{γ,cp}	0,490

q _{h,lp} (kPa)	421,86	q _{h,cp} (kPa)	1987,87
-------------------------	--------	-------------------------	---------

q _h (kPa)	421,86	q _t (kPa)	158,47
q _{hn} (kPa)	411,66	q _{tn} (kPa)	148,27

ELS Combinación Casi-permanente

q (kPa)	10,2
---------	------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	2,367
	Nc,lp	30,14	sc,lp	2,445
	Ny,lp	15,07	sy,lp	0,053
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,473
	Ny,cp	0,00	sy,cp	0,053

qh,lp (kPa)	463,54	qh,cp (kPa)	2332,20
-------------	--------	-------------	---------

qh (kPa)	463,54	qt (kPa)	76,83
qhn (kPa)	453,34	qtn (kPa)	66,63

ELU Combinación Sísmica

q (kPa)	10,2
---------	------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	1,911
	Nc,lp	30,14	sc,lp	1,963
	Ny,lp	15,07	sy,lp	0,369
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,315
	Ny,cp	0,00	sy,cp	0,369

qh,lp (kPa)	448,11	qh,cp (kPa)	2083,28
-------------	--------	-------------	---------

qh (kPa)	448,11	qt (kPa)	120,39
qhn (kPa)	437,91	qtn (kPa)	110,19

Los cálculos intermedios para el deslizamiento son los siguientes:

	Hmáx (kN)	H (kN)
ELS Combinación Característica	507,34	77,16
ELS Combinación Casi-permanente	830,56	16,75
ELU Combinación Sísmica	593,13	40,86

Y los coeficientes de seguridad obtenidos para cada una de las combinaciones de acciones consideradas son los que se adjuntan en esta tabla:

Coeficientes de seguridad		
Hundimiento	ELS Característica	2,78
	ELS Casi-permanente	6,80
	ELU Sismo	3,97
Deslizamiento	ELS Característica	6,58
	ELS Casi-permanente	49,58
	ELU Sismo	14,52
Vuelco	ELS Característica	2,15
	ELS Casi-permanente	9,61
	ELU Sismo	2,66

5.5.7. ALETA 4A

Para iniciar los cálculos, los datos de partida introducidos han sido:

H Tierras (m)	5,8182	γ Hormigón (kN/m3)	25	φ (°)	30
H Hormigón (m)	6,7	γ Relleno (kN/m3)	20	α (°)	40
Ancho Muro (m)	0,7	γ Terreno (kN/m3)	20,4	i (°)	27,0532
Canto Zapata (m)	0,8	c (kPa)	306,5	θ (°)	6,645
Puntera (m)	1	c' (kPa)	0	Kae	0,5480
Talón (m)	2,5	B	4,2	Kad	0,6023

En esta tabla aparecen ya los primeros cálculos como son el ángulo “i” los coeficientes de empuje activo estático y dinámico. En ella se ve también como las dimensiones evaluadas como óptimas, como veremos a continuación, son 1.00m para la puntera y 2.50m para el talón.

Con todos los parámetros y dimensiones definidos anteriormente se obtienen las siguientes cargas actuantes sobre la sección de aleta a calcular:

Acción	Fuerza H (kN)	Fuerza V (kN)	x (m)	Mfav (kN·m)	Mdesfav (kN·m)
W1 (Peso Muro)	0	117,25	1,35	158,29	0
W2 (Peso Zapata)	0	84,00	2,1	176,4	0
Wt (Peso Terreno)	0	290,91	2,95	858,1845	0
Ea (Empuje Activo)	213,76	109,17	2,21	0	471,57
Esc (Empuje Sobrec.)	32,30	16,49	3,3091	0	106,88
Sismo	21,19	10,82	4,41	0	93,50

	ELU	ELS Característica	ELS Casi-permanente	ELU Sismo
Fuerza H (kN)	349,71	233,14	49,21	70,40
Fuerza V (kN)	843,01	611,22	517,29	528,11
Mfav (kN·m)	1610,38	1192,87	1192,87	1192,87
Mdesfav (kN·m)	803,55	535,70	115,69	209,19
e (m)	0,96	1,08	2,08	1,86
B' (m)	1,914	2,150	4,165	3,725

Los cálculos intermedios para la carga de hundimiento son los siguientes:

ELS Combinación Característica	
--------------------------------	--

q (kPa)	16,32
---------	-------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	2,242
	Nc,lp	30,14	sc,lp	2,313
	Ny,lp	15,07	sy,lp	0,140
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,430
	Ny,cp	0,00	sy,cp	0,140

qh,lp (kPa)	719,37	qh,cp (kPa)	2269,97
-------------	--------	-------------	---------

qh (kPa)	719,37	qt (kPa)	284,24
qhn (kPa)	703,05	qtn (kPa)	267,92

ELS Combinación Casi-permanente	
---------------------------------	--

q (kPa)	16,32
---------	-------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	3,404
	Nc,lp	30,14	sc,lp	3,543
	Ny,lp	15,07	sy,lp	-0,666
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,833
	Ny,cp	0,00	sy,cp	-0,666

qh,lp (kPa)	596,12	qh,cp (kPa)	2904,84
-------------	--------	-------------	---------

qh (kPa)	596,12	qt (kPa)	124,21
qhn (kPa)	579,80	qtn (kPa)	107,89

ELU Combinación Sísmica	
-------------------------	--

q (kPa)	16,32
---------	-------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	3,151
	Nc,lp	30,14	sc,lp	3,274
	Ny,lp	15,07	sy,lp	-0,490
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,745
	Ny,cp	0,00	sy,cp	-0,490

qh,lp (kPa)	665,56	qh,cp (kPa)	2766,35
-------------	--------	-------------	---------

qh (kPa)	665,56	qt (kPa)	141,77
qhn (kPa)	649,24	qtn (kPa)	125,45

Los cálculos intermedios para el deslizamiento son los siguientes:

	H _{máx} (kN)	H (kN)
ELS Combinación Característica	1011,97	233,14
ELS Combinación Casi-permanente	1575,14	49,21
ELU Combinación Sísmica	1446,70	70,40

Y los coeficientes de seguridad obtenidos para cada una de las combinaciones de acciones consideradas son los que se adjuntan en esta tabla:

Coeficientes de seguridad		
Hundimiento	ELS Característica	2,62
	ELS Casi-permanente	5,37
	ELU Sismo	5,18
Deslizamiento	ELS Característica	4,34
	ELS Casi-permanente	32,01
	ELU Sismo	20,55
Vuelco	ELS Característica	2,23
	ELS Casi-permanente	10,31
	ELU Sismo	5,70

5.5.8. ALETA 4B

Para iniciar los cálculos, los datos de partida introducidos han sido:

H Tierras (m)	3,4515	γ Hormigón (kN/m ³)	25	φ (°)	30
H Hormigón (m)	3,9	γ Relleno (kN/m ³)	20	α (°)	40
Ancho Muro (m)	0,4	γ Terreno (kN/m ³)	20,4	i (°)	27,0532
Canto Zapata (m)	0,5	c (kPa)	306,5	θ (°)	6,645
Puntera (m)	0,8	c' (kPa)	0	K _{ae}	0,5480
Talón (m)	1,5	B	2,7	K _{ad}	0,6023

En esta tabla aparecen ya los primeros cálculos como son el ángulo “i” los coeficientes de empuje activo estático y dinámico. En ella se ve también como las dimensiones evaluadas como óptimas, como veremos a continuación, son 0.80m para la puntera y 1.50m para el talón.

Con todos los parámetros y dimensiones definidos anteriormente se obtienen las siguientes cargas actuantes sobre la sección de aleta a calcular:

Acción	Fuerza H (kN)	Fuerza V (kN)	x (m)	M _{fav} (kN·m)	M _{desfav} (kN·m)
W1 (Peso Muro)	0	39,00	1	39,00	0
W2 (Peso Zapata)	0	33,75	1,35	45,5625	0
Wt (Peso Terreno)	0	103,55	1,95	201,91275	0
Ea (Empuje Activo)	76,20	38,92	1,32	0	100,37
Esc (Empuje Sobrec.)	19,28	9,85	1,97575	0	38,10
Sismo	7,55	3,86	2,63	0	19,90

	ELU	ELS Característica	ELS Casi-permanente	ELU Sismo
Fuerza H (kN)	131,66	87,77	19,10	26,65
Fuerza V (kN)	305,24	221,12	186,05	189,91
M _{fav} (kN·m)	386,74	286,48	286,48	286,48
M _{desfav} (kN·m)	184,85	123,23	27,69	47,60
e (m)	0,66	0,74	1,39	1,26
B' (m)	1,323	1,477	2,700	2,516

Los cálculos intermedios para la carga de hundimiento son los siguientes:

ELS Combinación Característica

q (kPa)	10,2
---------	------

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	N _{q,lp}	18,401	s _{q,lp}	1,852
	N _{c,lp}	30,14	s _{c,lp}	1,901
	N _{γ,lp}	15,07	s _{γ,lp}	0,409
Corto plazo	N _{q,cp}	1,000	s _{q,cp}	1,000
	N _{c,cp}	5,14	s _{c,cp}	1,295
	N _{γ,cp}	0,00	s _{γ,cp}	0,409

q _{h,lp} (kPa)	440,61	q _{h,cp} (kPa)	2051,46
-------------------------	--------	-------------------------	---------

q _h (kPa)	440,61	q _t (kPa)	149,76
q _{hn} (kPa)	430,41	q _{tn} (kPa)	139,56

ELS Combinación Casi-permanente

q (kPa) 10,2

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	2,559
	Nc,lp	30,14	sc,lp	2,648
	Ny,lp	15,07	sy,lp	-0,080
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,540
	Ny,cp	0,00	sy,cp	-0,080

qh,lp (kPa) 447,07 qh,cp (kPa) 2437,08

qh (kPa) 447,07 qt (kPa) 68,91
qhn (kPa) 436,87 qtn (kPa) 58,71

ELU Combinación Sísmica

q (kPa) 10,2

	Factores de capacidad de carga		Factores de forma	
Largo plazo	Nq,lp	18,401	sq,lp	2,452
	Nc,lp	30,14	sc,lp	2,536
	Ny,lp	15,07	sy,lp	-0,006
Corto plazo	Nq,cp	1,000	sq,cp	1,000
	Nc,cp	5,14	sc,cp	1,503
	Ny,cp	0,00	sy,cp	-0,006

qh,lp (kPa) 457,87 qh,cp (kPa) 2379,02

qh (kPa) 457,87 qt (kPa) 75,49
qhn (kPa) 447,67 qtn (kPa) 65,29

Los cálculos intermedios para el deslizamiento son los siguientes:

	Hmáx (kN)	H (kN)
ELS Combinación Característica	580,21	87,77
ELS Combinación Casi-permanente	934,96	19,10
ELU Combinación Sísmica	880,73	26,65

Y los coeficientes de seguridad obtenidos para cada una de las combinaciones de acciones consideradas son los que se adjuntan en esta tabla:

Coeficientes de seguridad		
Hundimiento	ELS Característica	3,08
	ELS Casi-permanente	7,44
	ELU Sismo	6,86
Deslizamiento	ELS Característica	6,61
	ELS Casi-permanente	48,96
	ELU Sismo	33,05
Vuelco	ELS Característica	2,32
	ELS Casi-permanente	10,34
	ELU Sismo	6,02