
ESTRUCTURAS

ANEJO
6

ÍNDICE

1. Introducción y objeto	1
2. Datos Geotécnicos	1
3. Cubrimiento	2
3.1. Tablero o losa superior.....	2
3.2. Pórticos	2
4. Paso inferior bajo nuevas vías de ancho métrico	4
5. Condicionantes geotécnicos	6
5.1. Unidades geotécnicas presentes:	6
5.2. Agresividad.....	8
5.3. Recomendaciones de Cimentaciones	9
5.3.1. Losa de Cubrimiento	9
5.4. Parámetros geotécnicos.....	9
5.5. Mapa Geotécnico	10
6. Normativa Aplicada.....	10
7. Características de los materiales.....	10
7.1. Hormigón.....	10
7.2. Aceros	11
7.3. Niveles de control de calidad adoptados.....	11
8. Bases de Cálculo.....	11
8.1. Coeficientes parciales de seguridad de las acciones	11
8.2. Coeficientes estados límites.....	11
9. Acciones	13
9.1. Acciones permanentes.....	13
9.1.1. Peso propio	13
9.1.2. Carga muerta	13
9.1.3. Acciones permanentes de valor no constante (Acciones debidas al terreno)	13
9.2. Acciones variables	13
9.2.1. Sobrecarga de uso.....	13
9.3. Acciones accidentales.....	13
9.3.1. Impacto de vehículos ferroviarios.	13
9.3.2. Acciones sísmicas.....	13

1. Introducción y objeto

Este anejo tiene por objeto definir las distintas actuaciones de estructura que se deben de acometer en el presente “Estudio Informativo para la reordenación de espacios en la estación de Santander”:

2. Datos Geotécnicos

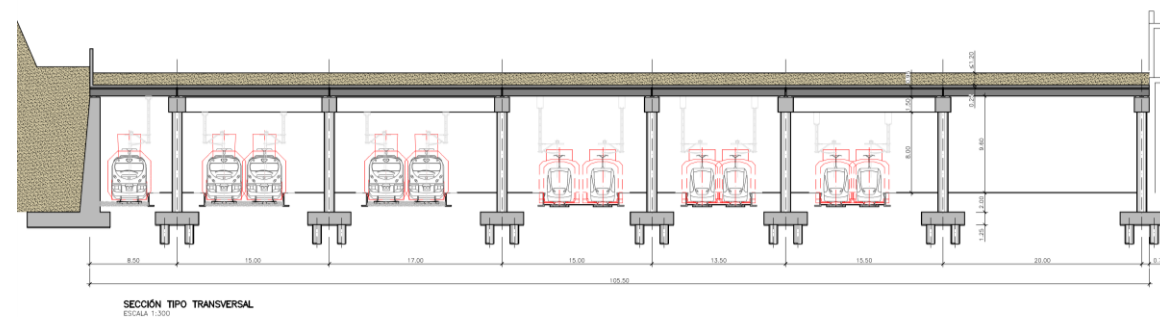
Según la información geotécnica el terreno es agresivo y de escasa capacidad lo que repercutirá en:

- Empleo de aditivos sulforresistentes en el hormigón.
- Medidas de protección de los elementos de cimentación profunda permanentes, como la necesidad de dejar camisas perdidas en pilotes en parte del pilote.
- Dimensiones de los elementos de cimentación profunda (longitudes de pilotes y pantallas).

3. Cubrimiento

La solución propuesta será tablero o losa superior prefabricada sobre pórticos de hormigón armado previamente ejecutados y alineados con los andenes. Se ha adoptado esta solución con la finalidad de minimizar las afecciones durante su ejecución, en particular al tráfico ferroviario

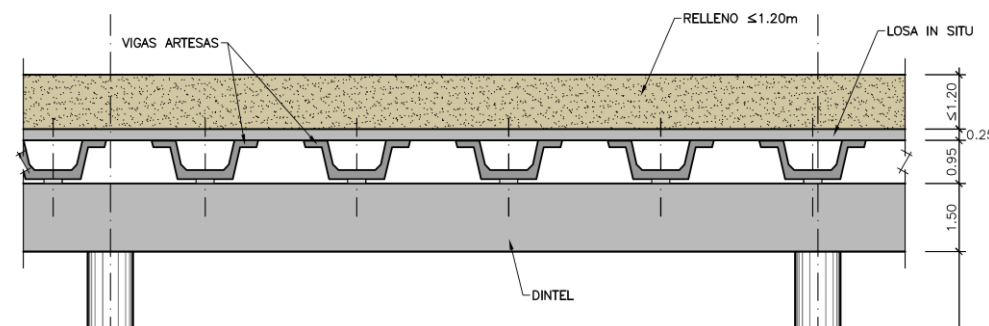
A continuación, se describirá cada uno de los elementos que forman el cubrimiento.



3.1. Tablero o losa superior.

Se propone la ejecución de un tablero de vigas con luces de unos 15,0 m, para ello se emplearán vigas de canto 0,85 m sobre las que se extenderá una losa in situ de 0,25 m de espesor; con lo que se obtendrá un canto total de 1,10 m. En la zona fuera de andenes, debido a la proximidad de las vías y la dificultad de colocar pilares, se dispondrán vigas prefabricadas de 34m de luz máxima.

Al nivel en el que se está desarrollando el estudio no se propone un tipo de viga prefabricado en concreto, podría ser artesa o doble T; la primera resulta más adecuada cuando queda sometida a cargas ferroviarias, pero al no ser el caso podría emplearse las doble T con un menor peso y simplificando su ejecución.



El tablero está dimensionado para un relleno de tierras de aproximadamente 1,20 m, así como para un futuro uso liviano que se le otorgue a la losa.

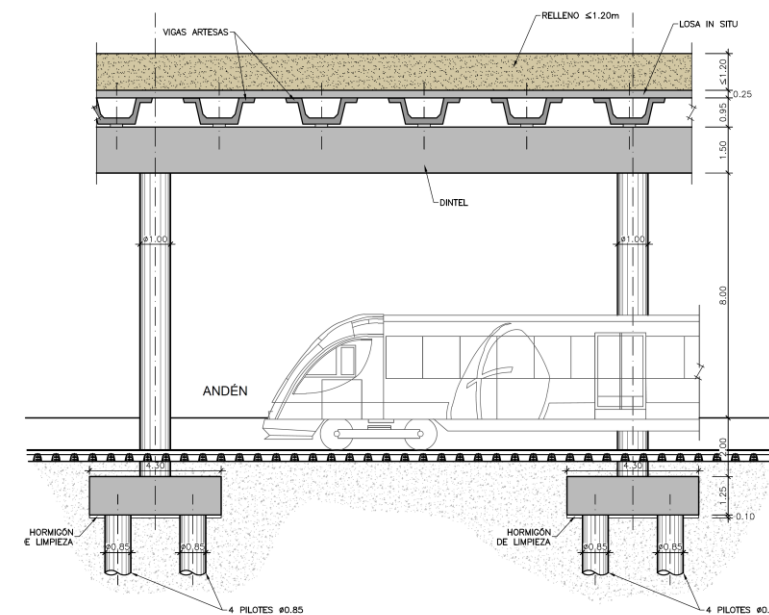
Una vez ejecutados los pórticos se podrán disponer las vigas prefabricadas en bandas de mantenimiento si fuese necesario (minimizando la afección al tráfico ferroviario), sobre ellas se colocarán los encofrados perdidos que una vez en su posición permitirán compatibilizar el trabajo de cubrimiento con el tráfico ferroviario.

Sobre las vigas prefabricadas y el encofrado perdido se terminaría de ejecutar la losa in situ de hormigón armado.

3.2. Pórticos

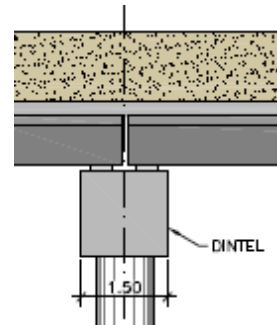
La losa superior ejecutada con vigas prefabricadas apoyadas sobre pórticos localizados en las alineaciones de los andenes, quedando las vigas prefabricadas transversales a la vía de ferrocarril.

Previamente se ha realizado un tanteo de posibles dimensiones en función de las cargas a las que se verá sometida la estructura, pensando en la necesidad de separar los pilares lo más posible para minimizar la sensación de “bosque de pilas”. Con el criterio mencionado se propone la ejecución de un dintel empotrado en pilas, todas ellas de hormigón armado con las características y geometría descritas a continuación:

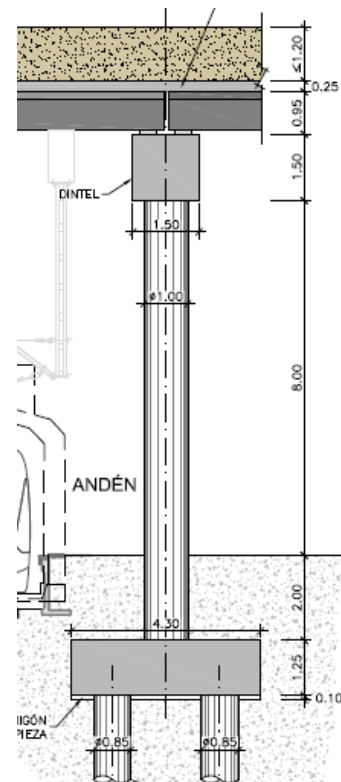


Dintel:

Se ha realizado un análisis para distintas secciones de dinteles en función de las cargas a las que se verá sometido, para una separación de pilas de 15 m y las cargas a las que se verá sometido el dintel se puede utilizar una sección de 1,50 x 1,50 m. A pesar de las citadas dimensiones se requiere que el elemento esté fuertemente armado.

**Pilas:**

Se ha analizado que con la separación máxima de 15,0 m se podría recurrir a pilas de fuste circular y 1,0 m de diámetro, la altura de estos elementos será de 8,0 m.

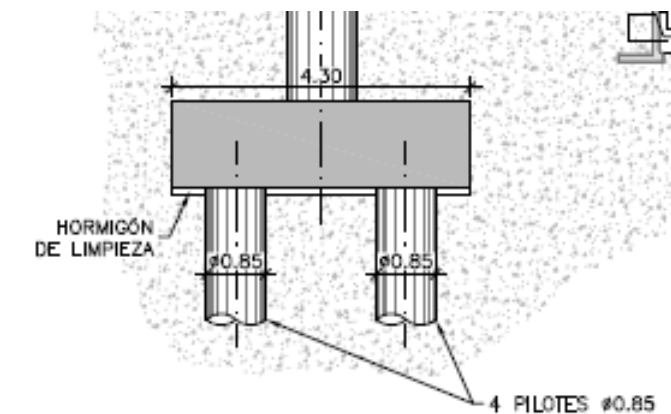
**Cimentación directa:**

Cimentación profunda mediante cuatro pilotes de 0,85 m de diámetro, se dejará enterrado 0,50 m la cara superior del encepado.

Las dimensiones previstas del encepado será de 4,30 x 4,30 m permitiendo una separación entre pilotes de 3 diámetros que evita considerar el efecto grupo y permitirá el vuelo suficiente del encepado para permitir el doblado la armadura. La longitud de los pilotes inicialmente estimada para la valoración será de 15 m.

El canto propuesto será de 1,25 m, por lo que las dimensiones totales del encepado serán de 4,30 x 4,30 x 1,25.

En los soportes cuya distancia desde el paramento exterior al eje de la vía sea inferior a 5m se dispondrá un murete para absorber el impacto.



4. Paso inferior bajo nuevas vías de ancho métrico

Las actuaciones estructurales pertenecientes al presente estudio incluyen la ejecución de un paso inferior que permita el paso, bajo las futuras vías de ancho métrico de la estación, de un vial reservado a la circulación de vehículos que realizan actividades propias del funcionamiento de la estación, en particular el acceso a los talleres de este ancho situados al final del recinto de la estación, así como de un vial que permita el acceso a la nueva zona de Correos, y a la nueva playa de vías proyectada. Por lo tanto, el paso inferior dará servicio a tres viales.

Para la definición del paso se ha adoptado como hipótesis que el nivel freático se sitúa a 2 m bajo la cota de terreno natural, por lo que se han considerado pantallas continuas de hormigón armado de forma general para la contención de tierras en los accesos y en la zona soterrada.

Únicamente por encima de la posición adoptada para el nivel freático, en los tramos de profundidad de excavación inferior a 2,00 m, se han proyectado muros de contención de hormigón armado.

En función de esta hipótesis, la longitud del paso inferior para el vial de talleres es de 220 m, repartida en un tramo cubierto de 56 m, una rampa de entrada de 95 m y una rampa de salida de 69 m.

Se relacionan a continuación las soluciones estructurales propuestas a lo largo del paso para el vial a talleres:

		P.K. inicial	P.K. final	Longitud
Muro tipo 1	Rampa entrada	0+040	0+060	20
	Rampa salida	0+240	0+260	20
Muro tipo 2	Rampa entrada	0+060	0+070	10
	Rampa salida	0+230	0+240	10
Pantallas	Rampa entrada	0+070	0+135	65
	Rampa salida	0+191	0+230	39
Falso túnel	-	0+135	0+191	56

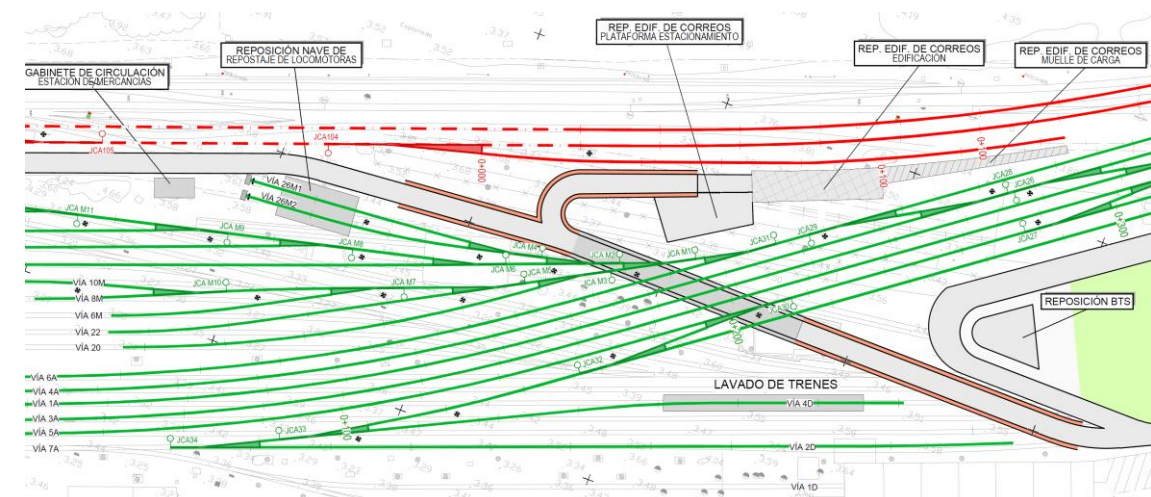
El acceso a la nueva zona de Correos es un vial que deriva del principal de acceso a talleres, estando su inicio localizado en un punto donde este se encuentra en un tramo entre pantallas, por lo que este vial también comienza en un tramo entre pantallas, finalizando a cota de terreno.

Se relacionan a continuación las soluciones estructurales propuestas a lo largo del paso para el vial a Correos:

		P.K. inicial	P.K. final	Longitud
Muro tipo 1	Rampa salida	0+070	0+080	10
Muro tipo 2	Rampa salida	0+060	0+070	10
Pantallas	Rampa salida	0+000	0+060	60

En alzado, el paso en el vial a talleres cuenta con una rampa de entrada del 10%, con pendiente constante del 0,2% en el tramo soterrado, y con una rampa de salida del 13%. En el vial a Correos, el alzado, una vez se independiza del vial del que parte, cuenta con una pendiente del 14% hasta llegar a terreno.

El paso inferior cuenta en el tramo cubierto con una sección libre de 5x5 m, siendo la situación en planta la siguiente:



Muros

La longitud de los muros viene definida de forma que la cota de excavación se sitúe aproximadamente sobre la cota adoptada para el nivel freático y que la excavación no afecte a la circulación en las vías generales. A partir de esas secciones se hace necesario excavar entre pantallas.

En un primer tramo, en que la excavación es inferior a 1,00 m, se disponen muros de gravedad que emplean su propio peso como elemento estabilizador.

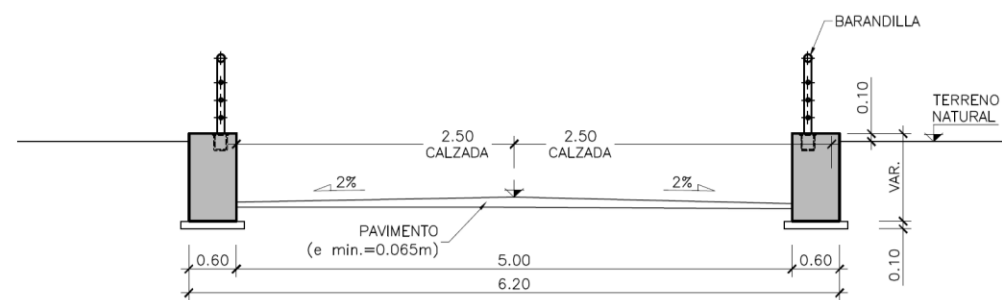


Figura 2: Muro tipo 1

A partir de la citada altura, se dispone una estructura en forma de U formada por muros de hormigón armado de 0,30 m de espesor constante, unidos por una losa de 0,40 m de espesor. De esta forma, uniendo ambos muros, se evita el fallo por deslizamiento de los muros, que se localizan en las proximidades de las futuras vías y, en caso de que el nivel freático se sitúa por encima de lo previsto, se evitará la entrada de agua en el paso.

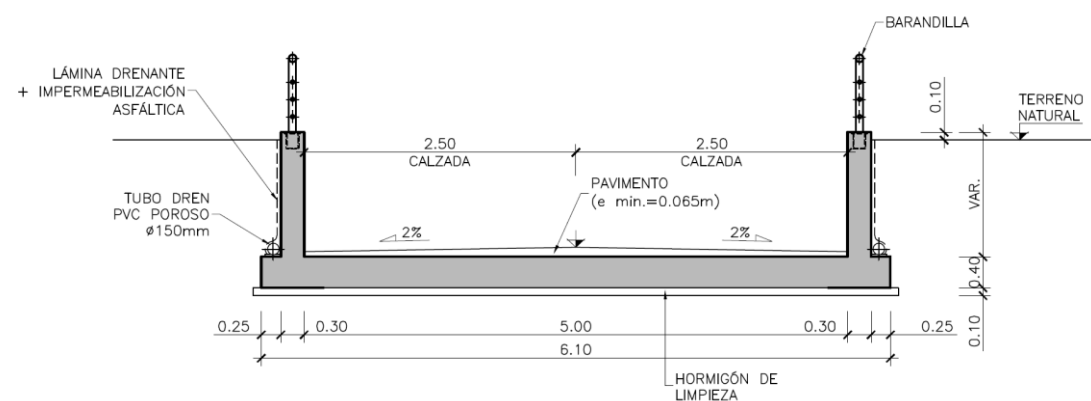


Figura 3: Muro tipo 2

Este tramo se completa con los diferentes acabados, formados por la impermeabilización del trasdós del muro y la barandilla dispuesta en su coronación a lo largo de toda la longitud.

Tramo entre pantallas

Una vez que la rasante se sitúa bajo el nivel freático, se pasa a una sección entre pantallas continuas, unidas por una losa inferior que evita la entrada de agua al paso.

Esta losa varía de espesor, entre 0,60 m y 0,80 m, en función de la subpresión a que se encuentra sometida. En toda su longitud se apoya en las pantallas perimetrales mediante barras dispuestas en taladros rellenos de resina epoxi.

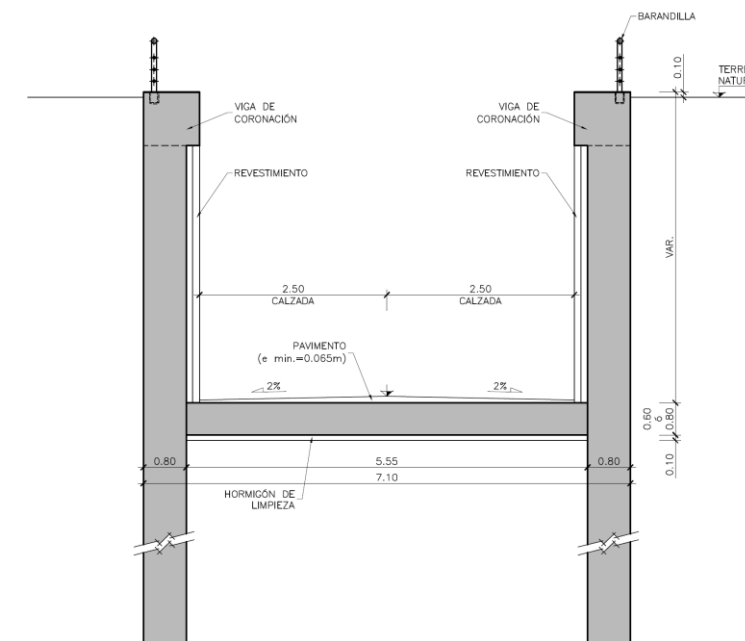


Figura 4: Pantalla

A pesar de no contar con datos geotécnicos, es de prever que sea necesario ejecutar estas pantallas empleando puntales provisionales durante la fase de excavación. Podría además ser necesario disponer en su tramo final estampidores en la coronación de pantallas.

Los acabados de este tramo consisten en un revestimiento de las pantallas, y la barandilla dispuesta en su coronación.

Tramo soterrado

La longitud del tramo soterrado se ha fijado de forma que las embocaduras queden a una distancia aproximada de 3 m a la vía más cercana.

Este tramo en falso túnel está formado por pantallas continuas que cuentan con dos puntales materializados en las losas superior e inferior.

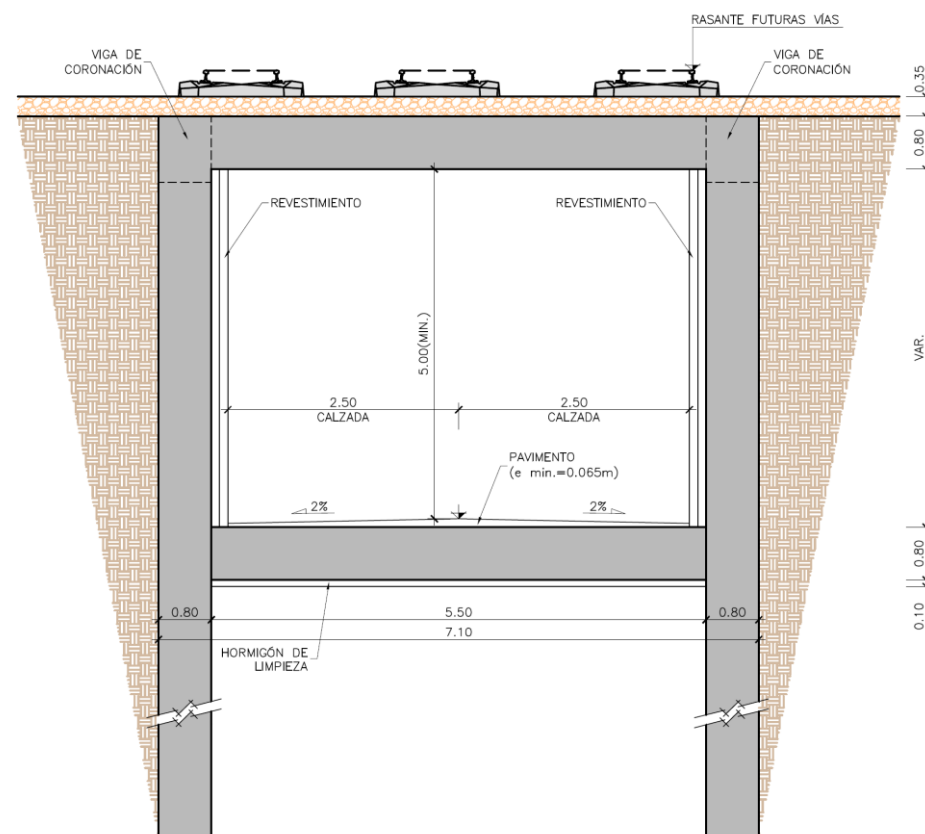


Figura 5: falso Túnel

La losa superior, situada de forma que tenga un recubrimiento mínimo de tierras y que garantice un galibo mínimo vertical de 5 m, está constituida por una losa maciza de hormigón armado de 0,80 m de espesor.

La losa inferior, asimismo de 0,80 m de espesor, debe anclarse en las pantallas perimetrales mediante barras dispuestas en taladros rellenos de resina epoxi para resistir la subpresión.

5. Condicionantes geotécnicos

En los siguientes apartados se enumeran las distintas unidades geotécnicas que se prevén encontrar en la zona de estudio, junto con una serie de recomendaciones generalistas extraídas de la publicación “Bahía de Santander. Atlas Geotécnico” (Marcano Ceballos, 2014).

Estas recomendaciones deberán ser contrastadas en cada caso y zona concreta con los reconocimientos geotécnicos específicos exigidos por la normativa técnica.

5.1. Unidades geotécnicas presentes:

Para identificar los materiales de las distintas unidades, se presenta en primer lugar su descripción litológica de techo a muro, es decir, desde los materiales más recientes hacia los más antiguos.

5.1.1.A – Rellenos

5.1.1.1. A1 – Suelo Residual

Descripción litológica

Cobertera de suelo residual húmifero y manto vegetal. El clima húmedo de Santander favorece la rápida meteorización de los materiales a la intemperie. La actividad biológica transforma su capa superficial en un suelo edáfico (tierra vegetal).

Características geotécnicas

La elevada porosidad y alto contenido en materia orgánica hace que este tipo de suelo sea inadecuado para recibir cargas de cimentación.

Se caracteriza por su baja resistencia al corte, elevada compresibilidad y progresiva descomposición de la materia orgánica.

Al ser un material de cobertera, con espesores de 20 a 30 cm, siempre será objeto de desbroce y por tanto no tiene interés geotécnico.

5.1.1.2. A2 – Relleno Antrópico

Descripción litológica

Relleno artificial antrópico muy reciente (siglos XIX y XX). A pesar de su heterogeneidad, los rellenos de Santander pueden clasificarse en cuatro grupos según la naturaleza del material predominante:

- Rellenos de escombros. Ocupan el actual frente marítimo (Jardines de Pereda).
- Rellenos de arenas finas de dragado. Son típicos de la zona portuaria.
- Rellenos de escollera y escorias. Son característicos de las zonas industriales y portuarias de Nueva Montaña y Raos.
- Rellenos arcillosos. Se encuentran en el arranque del Espigón Central de Raos.

Dado que la zona de estudio se encuentra próxima a la zona portuaria, es probable que los rellenos antrópicos consistan en arenas finas de dragado. Lo anterior habrá de ser corroborado mediante campaña geotécnica específica.

Características geotécnicas

Los rellenos hidráulicos con arenas finas de dragado poseen unas características geotécnicas similares a las arenas finas de marisma (B2).

5.1.2.B – Marisma

5.1.2.1. B1 – Fango Oscuro

Descripción litológica

Arcilla y limo arenoso oscuro (aspecto de fango), fétido, con “pasadas” de arena fina, abundante materia orgánica y fragmentos de conchas.

Suele presentarse en niveles acñados, a modo de lentejones. Son frecuentes los estratos de turba de espesores métricos, uniformes, en disposición horizontal. En los Muelles de Maliaño se han identificado niveles turbosos entre las cotas -17 y -21 respecto al “cero del puerto”, es decir, a 23 metros de profundidad bajo la coronación de los muelles.

Características geotécnicas

Los fangos son materiales formados recientemente, que en su corta historia geológica nunca han estado sometidos a una sobrecarga permanente superior a la actual. Por tanto, se trata de un suelo normalmente consolidado (NC) y por consiguiente su peso específico seco es muy bajo.

En los depósitos de fangos las pasadas de arena fina actúan como pequeñas capas drenantes que aceleran bastante la consolidación respecto a los valores medios estimados en los ensayos edométricos, ya que éstos suelen realizarse habitualmente sobre las muestras más cohesivas

5.1.2.2. B2 – Arena Fina

Descripción litológica

Arena limosa marrón o gris, fina, uniforme, con abundantes fragmentos de conchas. En la marisma aparece en forma de pasadas o lentejones entre niveles de fangos, y presenta mayores contenidos de finos. Con frecuencia se identifican algunas capas finas de arena muy enriquecidas en conchas de moluscos.

Características geotécnicas

El 85% de la arena es fina y uniforme. Las partículas más gruesas corresponden en realidad a fragmentos de conchas.

A pesar de que su peso específico seco es algo superior al del fango (B1), en términos absolutos sigue siendo muy bajo. Se debe a que también se trata de un depósito reciente desde el punto de vista geológico.

5.1.3.1 – Facies Weald

5.1.3.1. 11 – Lutita Rojiza

Descripción litológica

Lutita rojiza, con intercalaciones de estratos finos de arenisca y niveles arenosos. Los niveles de lutitas (arcillitas y limolitas), en contacto con los estratos de arenisca, se encuentran muy alterados y son muy permeables.

Características geotécnicas

El porcentaje de finos es elevado. Presenta una fracción arenosa continua (arenas gruesas, medias y finas).

El límite líquido y el índice de plasticidad son bastante bajos. Se trata de un material poco plástico y por tanto de baja compresibilidad.

5.1.3.2. I2 – Arenisca RojizaDescripción litológica

Arenisca rojiza, ferruginosa, con intercalaciones de lutitas rojizas.

Características geotécnicas

Se trata de una arenisca blanda y con abundantes intercalaciones de lutitas. Por tanto, el comportamiento mecánico global estará gobernado por la respuesta de estas últimas (fundamentalmente por la resistencia al corte sin drenaje de la unidad geotécnica I1).

5.1.4.K – Facies Keuper**5.1.4.1. K1 – Arcilla Alterada**Descripción litológica

Arcilla oscura, blanda, con materia orgánica e indicios de yeso, de tonos ocres, grises, amarillentos o verdosos. Aunque puede confundirse inicialmente con una arcilla fangosa cuaternaria (B1), la presencia de pequeños cristales de yeso permiten identificarla rápidamente como una arcilla de alteración de la facies Keuper.

Este suelo es característico del contacto entre el techo de la facies Keuper y los depósitos de marisma (arenas y arcillas), que lo contaminan con aportaciones de materia orgánica y provocan su color oscuro característico. Procede del material arcilloso erosionado en los paleocauces del diapiro y redepositado nuevamente en el fondo de la Bahía. No contiene gravas ni rocas, y su espesor medio suele ser del orden de 2 o 3 metros.

Características geotécnicas

Los resultados de granulometría y plasticidad coinciden con los de la arcillita abigarrada (K2). En comparación con el fango oscuro (B1), la arcillita alterada (K1) es bastante más arcillosa y plástica.

5.1.4.2.K2 – Arcillita AbigarradaDescripción litológica

Arcillita abigarrada roja o gris, dura, con gravas y pequeños bloques intercalados de yeso masivo, marga, caliza, dolomía negra y ofita.

La fracción de arcillita de color rojo vino es bastante plástica, y junto con los yesos y ofitas tiene su origen en el Triásico Superior. La fracción arcillosa gris es menos abundante que la roja, más limosa, menos plástica, y procede de la alteración de margas y dolomías del Jurásico. Es típica la presencia de nódulos y vetas milimétricas de yeso entre la arcillita.

Se trata de una facies diapírica y por tanto no presenta estratificación. No puede predecirse la distribución en su interior de los bloques más duros de calizas y dolomías envueltos por la arcillita.

Características geotécnicas

La humedad natural suele ser inferior al límite plástico, lo que significa que el índice de fluidez es inferior a cero. Por tanto, su estado es sólido, como corresponde a una formación geológica sobreconsolidada ($OCR > 1$), y su consistencia se puede estimar de muy firme a dura (resistencia al corte sin drenaje entre 100 y más de 200 kPa).

5.2. Agresividad

Dado el elevado contenido de sulfatos, tanto en suelos como en el agua freática, se tiene una agresividad “severa” al hormigón.

En un clima templado como el de Santander este problema se agrava con los aportes de agua de lluvia y la continua disolución de los yesos del terreno. Por un lado, se produce una alteración del suelo por disolución de sales y por otro el agua subterránea se carga de iones sulfato.

En los hormigones en contacto con el terreno, sobre todo si se encuentran bajo el nivel freático o quedan afectados por redes subterráneas de filtración, debe utilizarse cemento resistente a los sulfatos y al agua de mar, caracterizados por contenidos muy bajos de aluminato tricálcico. Los cementos de horno alto son los más adecuados.

5.3. Recomendaciones de Cimentaciones

En las estructuras que transmiten al nivel de cimentación cargas importantes, se recomienda la cimentación profunda mediante grupos de pilotes, atravesando los materiales blandos hasta conseguir un empotramiento adecuado en el primer sustrato natural duro.

Los materiales blandos corresponden a los niveles más superficiales (rellenos antrópicos A, marisma B y arcillas alteradas K1) son altamente consolidables y heterogéneos. Otro aspecto a tener en cuenta, es el elevado contenido en materia orgánica (fangos oscuros B1). Las características anteriores implican los siguientes riesgos geotécnicos:

- Asientos diferenciales y tiempos de consolidación dispares, junto con
- Asientos por consolidación secundaria (excesivo contenido en materia orgánica).
- Rozamientos negativos y empujes laterales sobre pilotes cuando actúan sobrecargas uniformes directas sobre el terreno natural.

Para atenuar los problemas originados por el rozamiento negativo en los estratos más consolidables, existen distintas opciones como como el revestimiento de butilo (en pilotes in situ) o la pintura con betún en caliente (en pilotes prefabricados). Si se prevé la existencia de empujes laterales, será necesario dimensionar los pilotes a flexión.

Las arcillas alteradas K1, no son un nivel de referencia adecuado para el apoyo de cimentaciones. Dada su pequeña potencia (2 - 3 metros), debe buscarse siempre la cimentación en el sustrato inalterado subyacente de facies Keuper (K2). En su conjunto, la unidad geotécnica K2 se considera suficientemente dura para recibir cargas concentradas importantes sin sufrir asientos excesivos. Por ello es un sustrato de referencia para el empotramiento de pilotes.

Los riesgos geotécnicos de las facies Weald, I1 e I2, derivan fundamentalmente de la heterogeneidad de sus materiales. A pesar de la consistencia muy firme a dura de la lutita, las intercalaciones de arena provocan planos de debilidad, que se traducen en cargas de rotura a corto plazo inferiores a las esperadas.

Al tratarse de un área costera, se tendrá nivel freático cercano a la superficie (a no más de 2 – 3 metros de profundidad).

5.3.1. Losa de Cubrimiento

En este caso se recomienda recurrir a cimentaciones profundas con pilotes hormigonados in situ de diámetro 0,85 m, con una longitud estimada de 16 metros. Estos pilotes traspasarán los estratos blandos (A, B, K1) y se empotrarán en sustrato competente, facies Keuper K2 y facies Weald I. La longitud de empotramiento será variable dependiendo de la magnitud de las cargas a transmitir.

5.4. Parámetros geotécnicos

En las siguientes tablas se recogen los parámetros geotécnicos estimados para cada una de las unidades geotécnicas, junto con los riesgos geotécnicos y recomendaciones constructivas dadas en la publicación “Bahía de Santander. Atlas Geotécnico” (Marcano Ceballos, 2014).

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS																
UNIDAD GEOTÉCNICA	IDENTIFICACIÓN			ESTADO				RESISTENCIA				COMPRESIBILIDAD			TEST QUÍMICO	
	[F] % finos	IP %	LL %	w %	e ₀	γ _d kN/m ³	q _u kPa	c kPa	φ _{cr} grados	N _{60PT}	C _c	C _s	c _v cm ² /s	MO %	SO ₄ %	
A	A1 - SUELO RESIDUAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	A2 - RELLENO ANTRÓPICO	40	15	36	26	0,90	15,80	129	0	35	30	0,215	0,054	0,00041	0,41	0,11
B	B1 - FANGO OSCURO	79	16	39	40	1,05	13,10	42	0	29	8	0,363	0,062	0,00036	3,44	2,02
	B2 - ARENA FINA	19	NP	-	28	-	14,40	-	0	39	28	-	-	-	0,87	0,24
I	I1 - LUTITA ROJIZA	87	7	27	12	-	20,70	140	-	-	92	-	-	-	0,56	0,06
	I2 - ARENISCA ROJIZA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-
K	K1 - ARCILLITA ALTERADA	78	25	45	30	0,87	15,50	81	6	23	21	0,336	0,073	0,00028	0,22	-
	K2 - ARCILLITA ABIGARRADA	78	23	47	21	0,69	17,20	263	22	22	57	0,194	0,055	0,00045	0,72	2,60

Tabla 1. Parámetros geotécnicos.

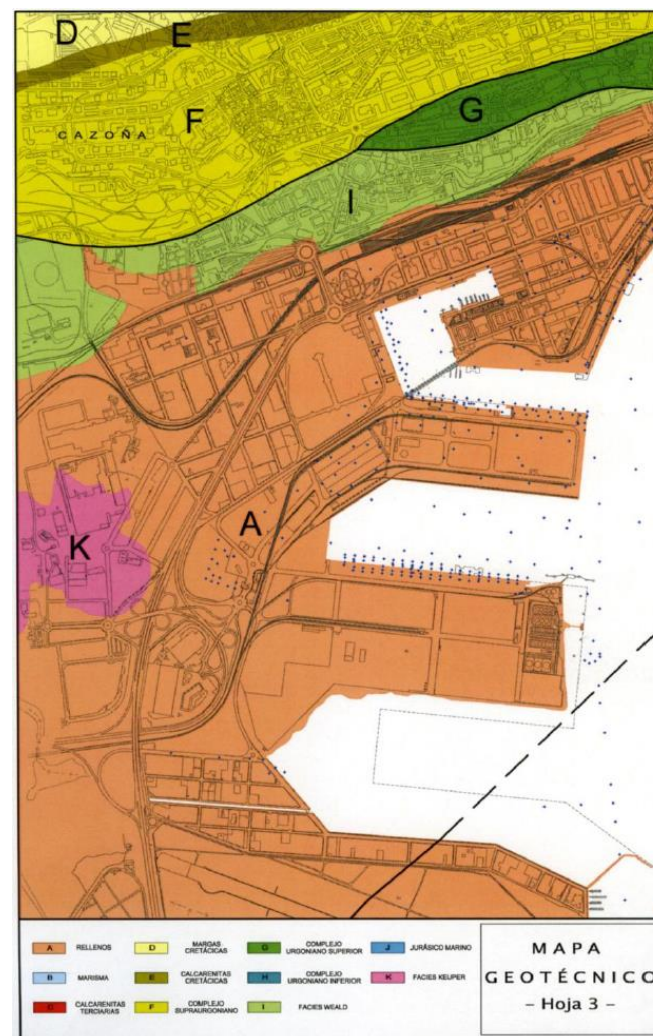
RIESGOS DE FALLO GEOTÉCNICO						
CAPA GEOTÉCNICA	ASIENTO DIFERENCIAL	ALTERABILIDAD DE LOS MATERIALES	AGRESIVIDAD QUÍMICA	DESCALCE POR ARRASTRE DE FINOS	DESPLAZAMIENTO DE TALUDES	ROZAMIENTO NEGATIVO
A - RELLENOS RECIENTES	ALTO	VARIABLE	VARIABLE	ALTO	ALTO	ALTO
B - MARISMA CUATERNARIA	ALTO	BAJA	SEVERA	BAJO	ALTO	ALTO
I - FACIES WEALD	ALTO	BAJA	DESPRECIABLE	BAJO	ALTO	BAJO
K - FACIES KEUPER	BAJO	ALTA	SEVERA	BAJO	ALTO	BAJO

Tabla 2. Riesgos de fallo geotécnico.

RECOMENDACIONES Y ASPECTOS CONSTRUCTIVOS								
CAPA GEOTÉCNICA	CAMPAÑA GEOTÉCNICA	TIPOLOGÍA DE CIMENTACIÓN	NIVEL DE CIMENTACIÓN	TENSIÓN ADMISIBLE (kPa)	ASIENTO ASOCIADO	OBRAS DE DRENAJE	EXCAVACIÓN DE VACIADOS	MEJOR TER
A - RELLENOS RECIENTES	SONDEOS Y PENETRÓMETROS	PROFUNDA	INADECUADO	< 100	ALTO	NECESARIAS	FÁCIL	NECE
B - MARISMA CUATERNARIA	SONDEOS Y PENETRÓMETROS	PROFUNDA	INADECUADO	0	ALTO	NO NECESARIAS	FÁCIL	NECE
I - FACIES WEALD	ZANJAS Y SONDEOS	SUPERFICIAL	INTERIOR	100 a 200	BAJO	NECESARIAS	FÁCIL	NO NE
K - FACIES KEUPER	SONDEOS Y PENETRÓMETROS	SUPERFICIAL	INTERIOR	300	BAJO	NECESARIAS	FÁCIL	NO NE

Tabla 3. Recomendaciones y aspectos constructivos.

5.5. Mapa Geotécnico



6. Normativa Aplicada

Se tendrán en cuenta las siguientes normas:

- IAPF-07. Instrucción de acciones a considerar en puentes de ferrocarril. ORDEN FOM/3671/2007.
- NCSE-02. Ministerio de Fomento. "Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación". (Real Decreto 997/2002).
- CTE.- Código Técnico de la edificación. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo.
- EHE-08.- Instrucción de hormigón estructural. Real Decreto 1247/2008 de 18 de julio.

7. Características de los materiales

En el Estudio de Viabilidad se ha previsto el empleo de materiales del tipo:

7.1. Hormigón

- Hormigón de limpieza: HL-150/B/20
- Hormigón en cimentación: HA30/F/20/IIa+Qb(*)
- Hormigón en elementos expuestos intemperie: HA-30/B/20/IIIa
- Hormigón resto de actuaciones: HA-30/B/20/IIa

Al objeto de garantizar la durabilidad de la estructura durante su vida útil, se aplicarán los recubrimientos indicados en el artículo 37 de la EHE-08.

(*) En esta fase se desconoce el nivel de agresividad del terreno, por lo que se ha considerado un nivel de agresividad medio.

7.2. Aceros

- Acero pasivo: B-500 SD

7.3. Niveles de control de calidad adoptados

El control de calidad de los elementos de hormigón armado abarca el control de materiales y el control de la ejecución.

7.3.1. Control de materiales

El control de la calidad del hormigón y de sus componentes, así como el control del acero pasivo se efectuará según lo establecido en la «Instrucción de hormigón estructural», EHE-08.

La finalidad del control será verificar que la obra terminada tenga las características de calidad especificadas en el proyecto, que serán las generales de la Instrucción EHE-08. Existen diferentes niveles de control. La realización del control se adecuará al nivel adoptado en el proyecto.

7.3.2. Control de la ejecución

El control de la calidad de la ejecución de los elementos de hormigón se efectuará según lo establecido en la «Instrucción de hormigón estructural», EHE-08.

7.3.4. Niveles de control

En el proyecto se adoptan los siguientes niveles de control según la definición de EHE-08:

- Acero de armar: Normal
- Hormigón: Estadístico
- Ejecución: Intenso

Los coeficientes de minoración de los materiales son:

- Acero para armar: 1,15
- Acero estructural: 1,10
- Hormigón: 1,50

Corresponde a la Dirección de Obra la responsabilidad de la realización de los controles anteriormente definidos.

8. Bases de Cálculo

8.1. Coeficientes parciales de seguridad de las acciones

Se toman los coeficientes de seguridad de acciones de la Instrucción de hormigón estructural EHE-08 (tablas 12.1.a y 12.2).

De este modo, para el cálculo en Estado Límite Último, se utilizan los siguientes coeficientes de mayoración de acciones:

Tipo de acción	Situaciones persistentes y transitorias		Situaciones accidentales	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
De valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,50$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variables	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$
Accidental	--	--	$\gamma_A = 1,00$	$\gamma_A = 1,00$

Para el cálculo en Estado Límite de Servicio, se utilizan los siguientes coeficientes de mayoración de acciones:

Tipo de acción	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$

8.2. Coeficientes estados límites

8.2.1. Estado límite último

Para cada una de las situaciones estudiadas se establecerán las posibles combinaciones de acciones. Una combinación de acciones consistente en un conjunto de acciones compatibles que se considerarán actuando simultáneamente para una comprobación determinada.

Cada combinación, en general, estará formada por las acciones permanentes, una acción variable determinante y una o varias acciones variables concomitantes. Cualquiera de las acciones variables puede ser determinante.

En estructuras de edificación, simplificada, para las distintas situaciones de proyecto, podrán seguirse el criterio:

SITUACIONES PERSISTENTES Y TRANSITORIAS:

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

donde:

- $G_{k,j}$: valor representativo de cada acción permanente
- $G^*_{k,i}$: valor representativo de cada acción permanente de valor no constante
- $Q_{k,1}$ valor representativo (valor característico) de la acción variable dominante
- $\psi_{0,i} Q_{k,i}$: valores representativos (valores de combinación) de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante

SITUACIONES ACCIDENTALES.

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones, se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,i} G^*_{k,i} + \gamma_P P_k + \gamma_A A_k + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

donde:

- $G_{k,j}; G^*_{k,i}$: valores representativos ya definidos.
- $\psi_{1,1} Q_{k,1}$ valor representativo (valor frecuente) de la acción variable dominante.
- $\psi_{2,1} Q_{k,j}$: valores representativos (valores cuasi-permanentes) de las acciones variables concomitantes con la acción determinante o con la acción accidental.
- A_k : valor representativo (valor característico) de la acción accidental.
- P_k : valor representativo (valor característico) de la acción sísmica.

SITUACIONES SÍSMICAS.

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones, se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,i} G^*_{k,i} + \gamma_P P_k + \gamma_A A_k + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

donde:

- $G_{k,j}; G^*_{k,i}$ valores representativos ya definidos.
- $\psi_{2,1} Q_{k,j}$ valores representativos (valores cuasi-permanentes) de las acciones variables concomitantes con la acción determinante o con la acción accidental.
- A_k valor representativo (valor característico) de la acción accidental.
- P_k valor representativo (valor característico) de la acción sísmica.

8.2.2. Estado límite de servicio

Para estos Estados Límite se consideran únicamente las situaciones de proyecto persistentes y transitorias. En estos casos, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

Combinación característica (poco probable o rara):

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

Combinación frecuente:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_P P_K + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Combinación cuasipermanente:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_P P_K + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

9. Acciones

9.1. Acciones permanentes

Se refiere a los pesos de los elementos que constituyen la obra, y se supone que actúan en todo momento, siendo constante en magnitud y posición. Están formadas por el peso propio y la carga muerta.

9.1.1. *Peso propio*

La carga se deduce de la geometría teórica de la estructura, considerando para la densidad del hormigón armado, el valor de 25,0 kN/m³

9.1.2. *Carga muerta*

Son las correspondientes a los elementos que gravitan sobre los elementos estructurales: hormigones de relleno, acabados, etc.

9.1.3. *Acciones permanentes de valor no constante (Acciones debidas al terreno)*

En este apartado se consideran las acciones originadas por el terreno natural o de relleno, sobre los elementos en contacto con él (muros).

La acción del terreno sobre la estructura es doble: peso sobre elementos horizontales y empuje sobre elementos verticales.

El peso se determinará aplicando al volumen de terreno que gravita sobre la proyección horizontal del elemento el peso específico del relleno vertido y compactado. En este caso, se considera un peso específico de 20,00 kN/m³.

El empuje es función de las características del terreno y de la interacción terreno-estructura.

9.2. Acciones variables

9.2.1. *Sobrecarga de uso*

En el dimensionamiento del cubrimiento se considera una sobrecarga de uso o mantenimiento indicada en el CTE.

Para el dimensionamiento del aparcamiento se considera una sobrecarga de 10,00 kN/m² en trasdós a cota de terreno natural, debido al tráfico y para las losas de aparcamiento se ha considerado la sobrecarga de uso indicada en el CTE.

9.3. Acciones accidentales

9.3.1. *Impacto de vehículos ferroviarios.*

Se considera esta acción en el caso de que el eje del pilar se encuentre a menos de 5m del eje de la vía de acuerdo con el artículo 2.4.2.2.2 de la IAPF.

9.3.2. *Acciones sísmicas.*

La zona de proyecto se localiza en la ciudad de Santander, de forma que, siguiendo los criterios marcados por la Norma de construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02), se encontrará sometida a una aceleración básica inferior a 0,04 g.