

Anejo nº 2:

INFORME GEOTÉCNICO



Aina Costa Peidro

1. OBJETO DEL PRESENTE ANEJO2

2. INTRODUCCIÓN2

3. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA3

3.1. GEOMORFOLOGÍA3

3.2. ESTRATIGRAFÍA3

3.3. DESCRIPCIÓN4

3.4. NIVEL FREÁTICO5

3.5. ENSAYOS DE LABORATORIO5

4. CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICA5

4.1. INTRODUCCIÓN5

4.2. NIVELES GEOTÉCNICOS5

5. ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES. REUTILIZACIÓN DE MATERIALES5

ANEJO Nº2: INFORME GEOTÉCNICO

1. Objeto del presente anejo

El trabajo propuesto por el Taller de Diseño Estructural consiste en desarrollar diferentes propuestas de puente en la zona de Acceso Sur al parque de Tempelhof en Berlín (Alemania), requiriéndose disponer de un marco geotécnico.

El objeto del presente informe geológico-geotécnico es el de conocer las características geológicas y geotécnicas del terreno de cimentación en la zona de ubicación del puente, con el propósito de asegurar el correcto dimensionamiento de las cimentaciones y de cualquier elemento auxiliar que se pudiera necesitar, permitiendo resolver las siguientes incógnitas para el diseño:

- Definición estratigráfica.
- Diferenciación de niveles afectados y caracterización geomecánica.
- Características hidrogeológicas.
- Respuesta del terreno frente a las acciones impuestas por el puente.
- Condiciones y tipología del terreno como cimiento de las estructuras.
- Seguridad de las excavaciones.
- Excavabilidad de los materiales.
- Aprovechamiento de los materiales procedente de las excavaciones.

Debe señalarse que la mayor parte de los datos aportados en el presente documento están tomados del informe geotécnico *“Neubau einer Straßenbrücke im Zuge einer neuen Verbindungsstraße zwischen Tempelhofer Freiheit und Oberlandstraße in Berlin Tempelhof-Schöneberg Geotechnischer Bericht Nr. 3–437/12”*, escrito en alemán por Geotechnik Baugrund Atlasten y facilitado por el Taller de diseño Estructural.

Otros datos, como los geológicos, han sido tomados de la bibliografía y de internet, y, finalmente, hay datos que han sido aportados para complementar los existentes y basados en la experiencia del Taller. En consecuencia, su uso solamente puede ser académico y exclusivo para el desarrollo del Trabajo Fin de Grado propuesto.

2. Introducción

En la ciudad alemana de Berlín, se desea ejecutar una calle de unión entre la actual calle de Oberland y el parque Tempelhof. Este parque se sitúa al norte y próximo a la denominada meseta Teltow, que jalona el valle glaciar en el que asienta la ciudad de Berlín.

El Proyecto plantea la construcción de una estructura con sus correspondientes terraplenes de acceso y unos posibles muros de contención de tierra.

Los terrenos afectados han tenido principalmente un uso agrícola, si bien, algunas zonas fueron explotadas para la extracción de arenas y posteriormente, rellenadas con diversos materiales (escombros, desechos, materiales de construcción, etc.). Así, en la zona sur, se puede observar una antigua zanja, en este caso, parcialmente rellenada y enmascarada, pero reconocible al norte y al este por los desniveles generados en el terreno y por la extensa vegetación que se ha desarrollado. Ver *Figura.1*

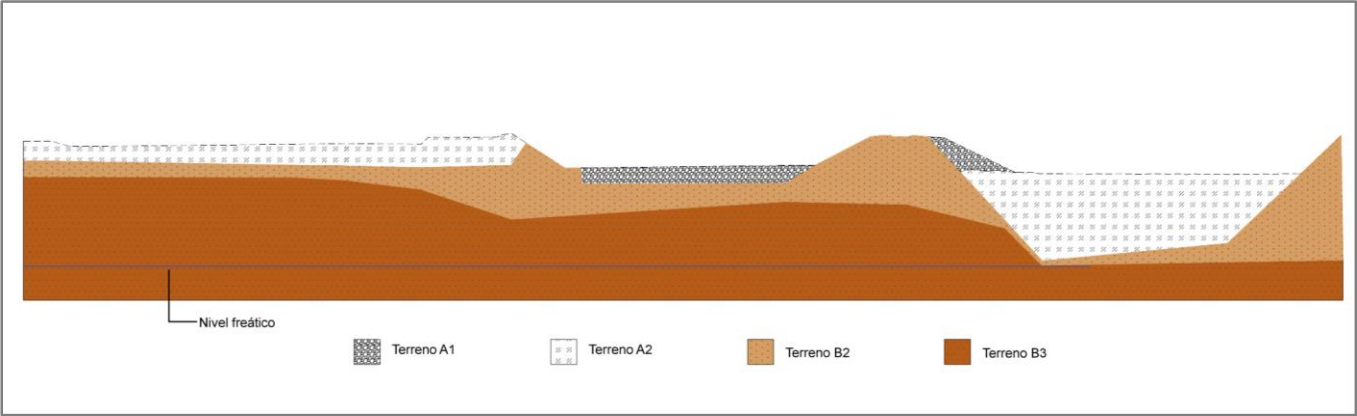


Figura 1. Perfil Estatigráfico.

3. Caracterización geológica

3.1. Geomorfología

Berlín se ubica en un valle glaciar modelado por tres glaciaciones cuaternarias con sus periodos interglaciares respectivos, que han dejado una profunda huella entre la meseta de Barnim al norte y la meseta de Teltow, al sur, junto con la placa de Nauener:

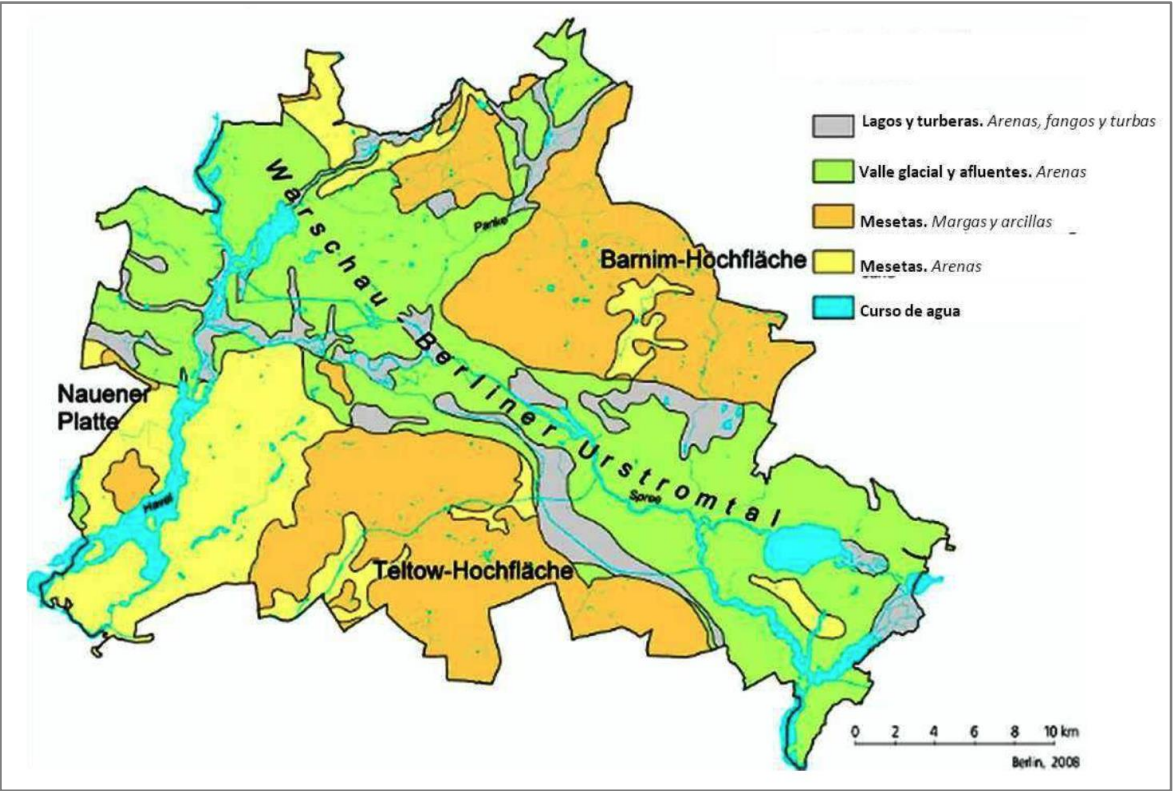


Figura 2. Esquema geomorfológico de Berlín.

El valle glaciar ha sido en su última etapa afectado por una dinámica fluvial, presentando depósitos superficiales de materiales principalmente granulares. Sin embrago, las mesetas están conformadas por materiales terciarios margosos y arcillosos que han resistido la acción glaciar.

3.2. Estratigrafía

Los sondeos perforados en Berlín han detectado materiales con edades comprendidas entre el Pérmico y el Cuaternario):

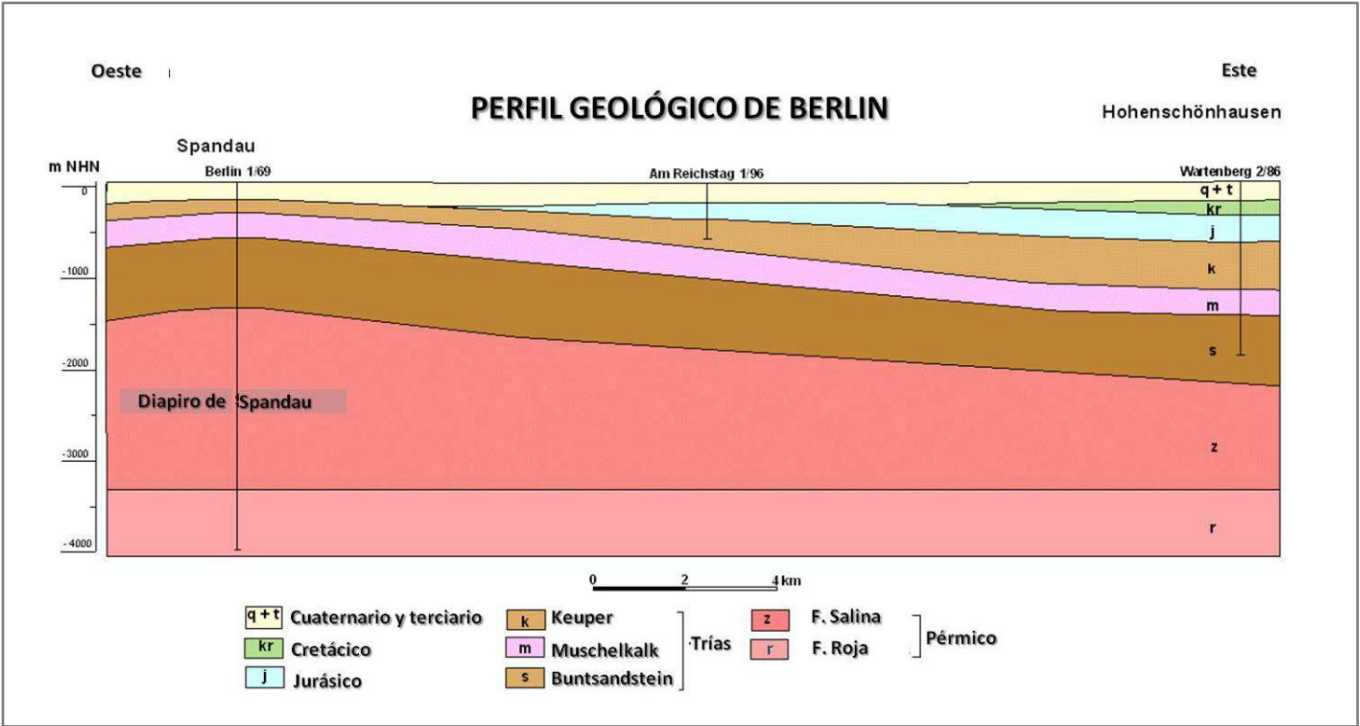


Figura 3. Perfil geológico de Berlín.

El Pérmico Inferior está representado por rocas volcánicas en “Facies Roja” y el Pérmico Superior por la “Facies Salina”, muy típica del norte de Alemania y que presenta un marcado carácter holicinético (diapírico) y una potencia de unos 2000 metros.

El Triásico se muestra con su típica “Facies Germánica”, la misma que aflora en nuestra Comunidad Valenciana. Así, se tiene un Buntsandstein con 776 metros de areniscas y argilitas rojas, un Muschelkalk con 271 metros de calizas y dolomías, y un Keuper con de 136 metros de arcillas, yesos y otras sales.

En algunas zonas de Berlín se ha detectado una laguna estratigráfica que afecta a todo el Jurásico y a todo el Cretácico, de manera que los materiales terciarios se disponen discordante con los materiales triásicos en facies Keuper.

El Terciario, también con potencias de centenares de metros, está representado por un *Mioceno* constituido por paquetes de sedimentos marinos y continentales, conectados con niveles carboníferos (lignitos), y por un *Oligoceno* en sus facies Chattienne (granular) y Rupeliense (arcillosa).

Finalmente, el Cuaternario, con una potencia de unos 50 metros, recubre los materiales terciarios. Ofrece tres periodos glaciares (Elster, Saale y Weichsel) en los que se depositan materiales granulares y morrenas, y dos periodos interglaciares, en los que predomina la sedimentación de limos, arcillas, arenas fluviales y depósitos de turbas.

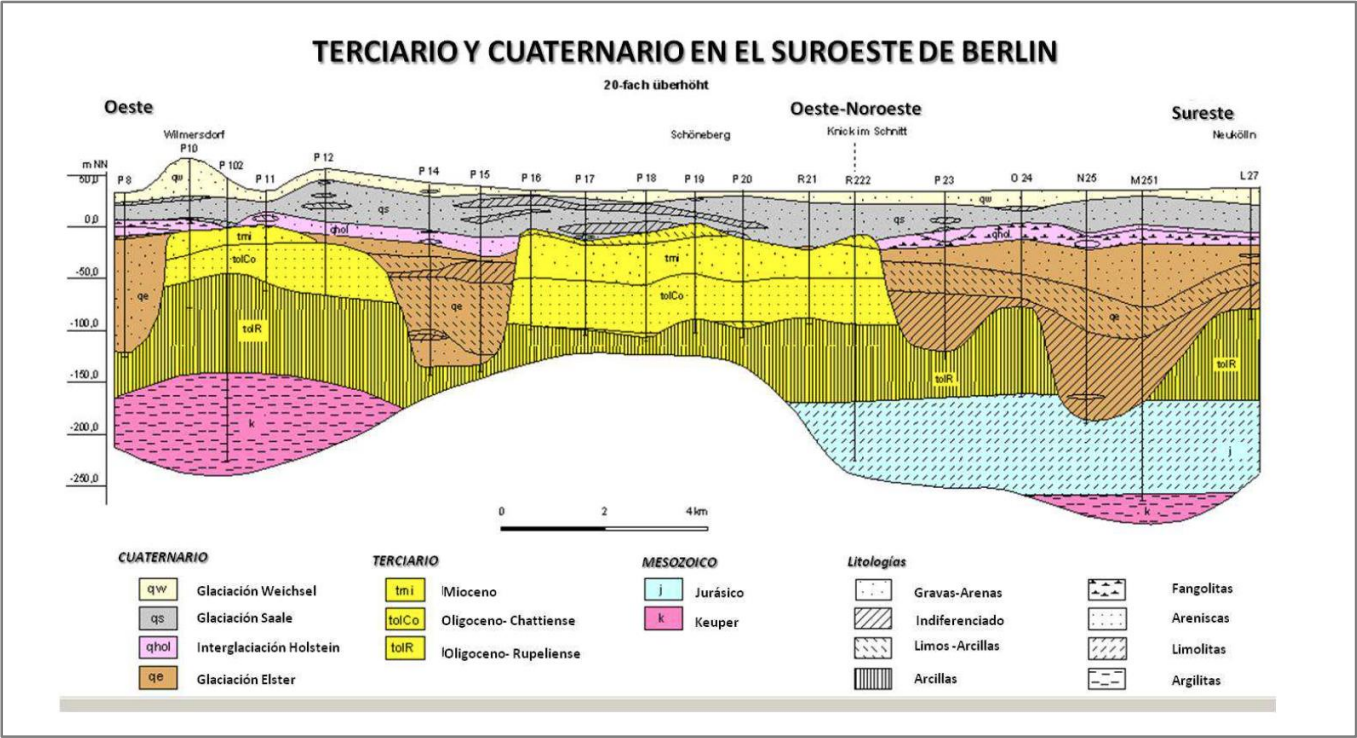


Figura 4. Terciario y cuaternario de Berlín.

3.3. Descripción

Para el proyecto de la estructura se llevó a cabo una campaña de investigación geotécnica que contempló la realización de sondeos mecánicos helicoidales y de ensayos de penetración dinámica pesada DPH. Para las penetraciones dinámicas, se propuso intentar alcanzar profundidades entre 25 y 30 metros, pero los rechazos se alcanzaron a profundidades comprendidas entre 9,40 y 24 metros.

Como para la realización de los cálculos geotécnicos se ha utilizado la Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera ha sido necesario realizar una conversión del ensayo DPH al ensayo SPT, debido a que el ensayo DHP se contabiliza cada 10 centímetros y el ensayo SPT cada 30 cm. Además las condiciones de golpeo son distintas, por lo que:

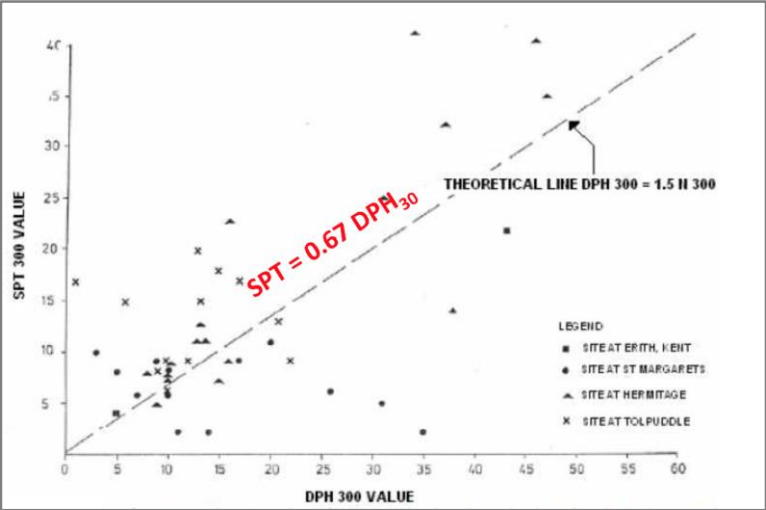


Figura 5. Relación SPT con DPH₃₀.

$SPT = 0.67 * DPH_{30}$

Una vez obtenido el valor del índice *N* del SPT en los sondeos realizados en las zonas de acceso al puente se han podido utilizar dichos valores para la realización de las comprobaciones geotécnicas pertinentes.

Para la caracterización de las zonas de los terraplenes de acceso, se perforaron nueve sondeos, 5 de ellos en la zona de acceso al puente y se realizaron 5 ensayos de penetración dinámica DPH, fijándose antes del inicio de la campaña profundidades de alcance entre 10 y 15 m y siendo sus puntos de realización los siguientes:

Punto	X	Y	Z
BS 1/12	25196,2	15419,3	42,85
BS 2/12	25200,2	15389,0	43,24
BS 2a/12	25201,0	15382,7	43,80
BS 3/12	25202,9	15366,9	48,94
B 4/12	25211,2	15350,3	44,60
B 5/12	25195,7	15345,9	44,63
B 6/12	25222,0	15303,8	48,90
B 7/12	25201,9	15301,1	48,72
BS 8/12	25213,7	15287,8	47,70
BS 9/12	25216,4	15268,0	47,99

Tabla 1. Ubicación de los puntos de investigación de la campaña geotécnica.

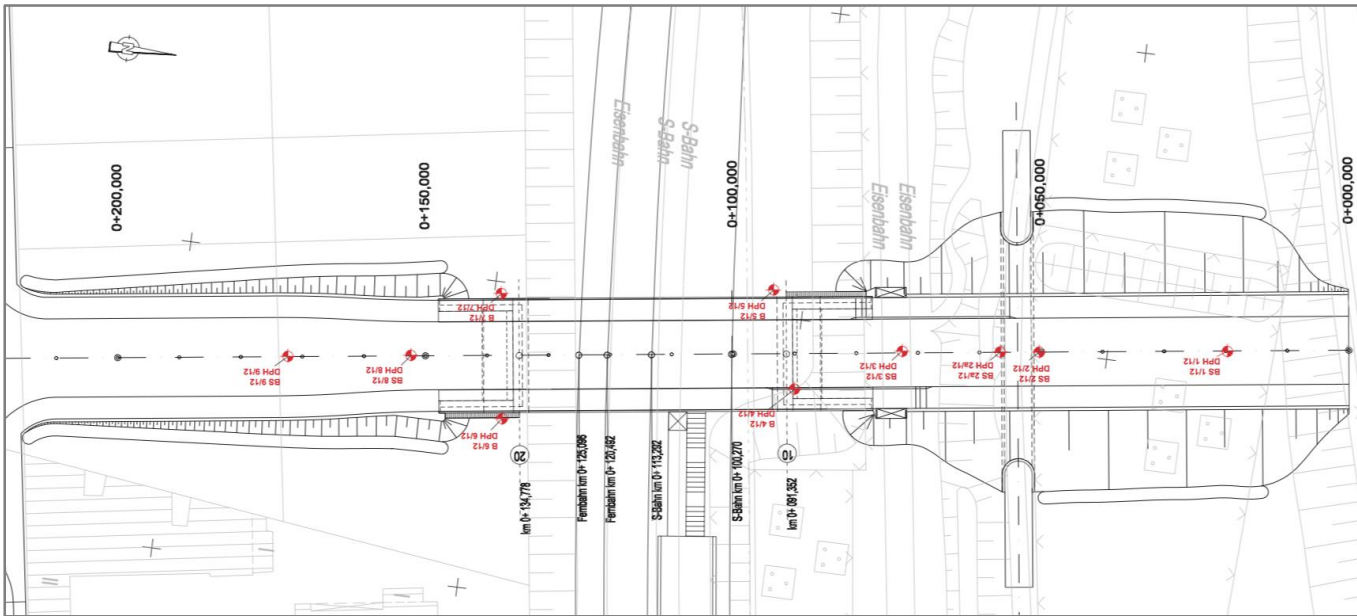


Figura 6. Ubicación de los sondeos en la planta.

3.4. Nivel freático

Durante la campaña de investigación geotécnica se controló la posición del nivel freático en los sondeos.

En marzo de 2012, el nivel freático estaba estabilizado en el lado norte a la cota +32,63 y a la cota +32,60 en el lado sur.

Para el Proyecto, se recomienda una oscilación comprendida entre y 0,5 y 0,8 metros.

3.5. Ensayos de laboratorio

Dado que el terreno natural está constituido por arenas, los trabajos en el laboratorio de Geotecnia se han limitado a pruebas granulométricas a partir de los sondeos realizados.

4. Características geomecánicas

4.1. Introducción

La zona estudiada se encuentra al norte de la denominada Meseta Teltow, habiéndose depositado superficialmente en ella materiales cuaternarios de origen glacial ("Vorschütt phase"), que en ocasiones (huertos, taludes,...) aparecen recubiertos por un nivel de tierra vegetal que presenta espesores en torno a 20 cm.

Son frecuentes y variados los rellenos antrópicos en la zona de Proyecto:

- Entre la calle Oberland y el estribo sur se han detectado rellenos arenosos, poco contaminados, con una potencia que oscila entre 2 y 3 m.

- En el estribo norte, salvo algún relleno local de balasto de 1 m de espesor, los rellenos son escasos.
- Entre la antigua vía de mercancías y el antiguo aeropuerto, se han detectado importantes masas de escombros de construcción que han rellenado las zonas de extracción de arenas. Se han detectado potencias próximas a 10 m, estimándose un contacto con el nivel inferior de arenas inclinado 45º y que alcanza el nivel freático.

Por debajo de estos rellenos, el terreno natural está constituido por gravas y por arenas medias con intercalaciones de suelos finos y de gravas.

Los sondeos perforados no han alcanzado las margas miocenas terciarias.

4.2. Niveles geotécnicos

En base a los datos obtenidos en la campaña de investigación geotécnica realizado, se pueden establecer los siguientes niveles geotécnicos:

- NIVEL A1: Rellenos con arenas naturales del entorno. Típicos de la zona sur. Suelos de compacidad variable entre baja y media.
- NIVEL A2: Rellenos arenosos, limosos, húmicos. Suelos con altos contenidos en escombros de construcción, de baja compacidad. Son típicos de la zona norte.
- NIVEL B1: Nivel de tierra vegetal. Arenas y humus. Presenta espesores no superiores a 20 cm. Su incidencia en las obras es escasa.
- NIVEL B2: Arenas flojas a medias. Pueden presentar intercalaciones de gravas e incluso de cantos.
- NIVEL B3: Arenas medias a densas. Pueden presentar intercalaciones de gravas.

Tabla II. NIVELES GEOTÉCNICOS. CARACTERÍSTICAS

Nivel	Clasificación DIN 18196	Potencia (m)	Compacidad	Pesos específicos (kN/m ³)		Coeficiente de Permeabilidad (m/s)
				Aparent e	Saturado	
A1	SE, OH-SU	2,10 – 3.10	Floja a media	16.0	****	$2*10^{-4} - 9*10^{-5}$
A2	A	0.50 – 9.30	Muy floja a floja	16.0	****	$2*10^{-4} - 1*10^{-5}$
B1	OH	0.20	Floja	****	****	*****
B2	SE	0.00-7.80	Floja a media	17.0	19.0	$6*10^{-4} - 2*10^{-4}$
B3	SE	>18.00	Media a densa	18.0	20.0	$6*10^{-4} - 2*10^{-4}$

Tabla 2. Niveles geotécnicos. Características.

El Nivel B1 no se ha detectado en el perfil estratigráfico.

5. Aspectos medioambientales. Reutilización de materiales

Se realizaron diferentes ensayos químicos con objeto de estudiar los aspectos medioambientales de los terrenos y la reutilización de los materiales procedentes de las excavaciones. Los resultados obtenidos pueden resumirse de la siguiente forma:

- Terreno natural. Cumplen los criterios alemanes. Pueden ser reutilizados.
- Balasto de las vías. Puede ser también reutilizado.
- Escombros de construcción. La caracterización medioambiental de los depósitos de escombros ha exigido la realización de ensayos químicos específicos.

Tras su detección en los sondeos BS 1/12 y BS 2/12, se contactó con la Oficina de Medio Ambiente, habiéndose catalogado esta zona en el Registro de Suelos Contaminados con el número 2443 como un antiguo depósito potencialmente contaminante.

Durante las investigaciones se determinó que la profundidad del estrato era de 9,85 m. Esta información es válida en la zona este del pie del terraplén de la rampa norte.

El relleno de una antigua zanja en la zona sur está catalogado también en el Registro de Suelos Contaminados con el número 9567.

Los ensayos realizados no garantizan que los escombros sean adecuados para ser reutilizados.

La superficie comprendida entre el camino que discurre paralelamente a la vía del ferrocarril y la antigua explanada del aeropuerto, que tuvo en el pasado un uso agrícola (huertos), podría aprovecharse como préstamo de materiales para los terraplenes.

Para el relleno de los terraplenes se utilizara el material que queda por delante de los estribos, quedando el muro frontal y las aletas vistas. Sim embargo, este material no es suficiente para ser utilizado como material de relleno. Debido a esto, se utilizará un material seleccionado de relleno obtenido del Naval Facilities Engineering Comand. Este relleno estará constituido por arenas limpias bien graduadas con gravas. Las propiedades de este relleno son:

Terreno	γ_{ap} (kN/m3)	N (spt)	ϕ (rad)	ϕ_c	ϕ (grados)
RELLENO	17,5	42	0,66322512	0,55861981	38

Tabla 3. Características geotécnicas del relleno.

A título informativo se adjuntan los resultandos de los sondeos en la zona donde se va a ubicar el estribo sur (6/12) y del estribo norte (3/12):

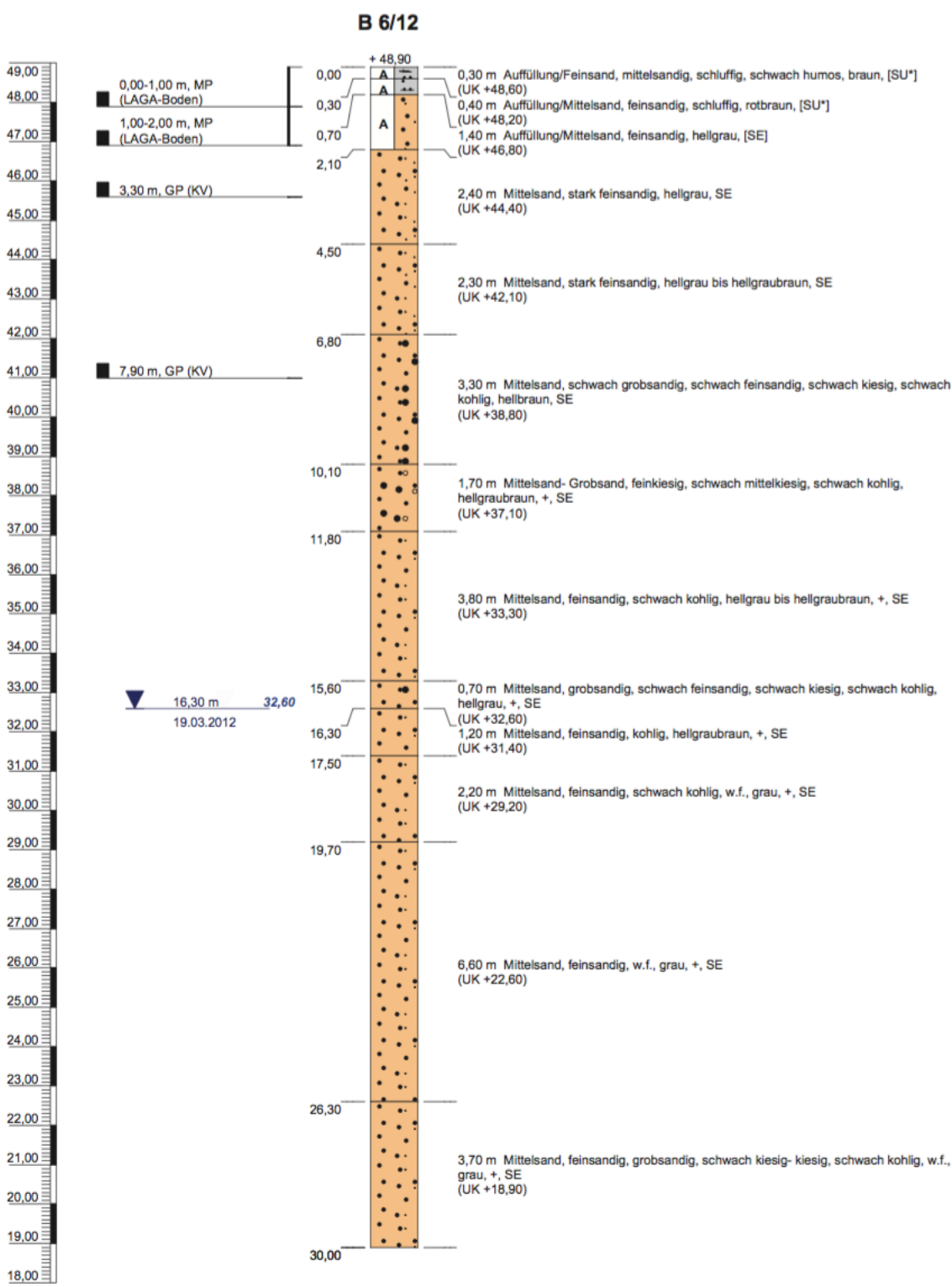


Figura 7. Sondeo representativo del estribo sur.

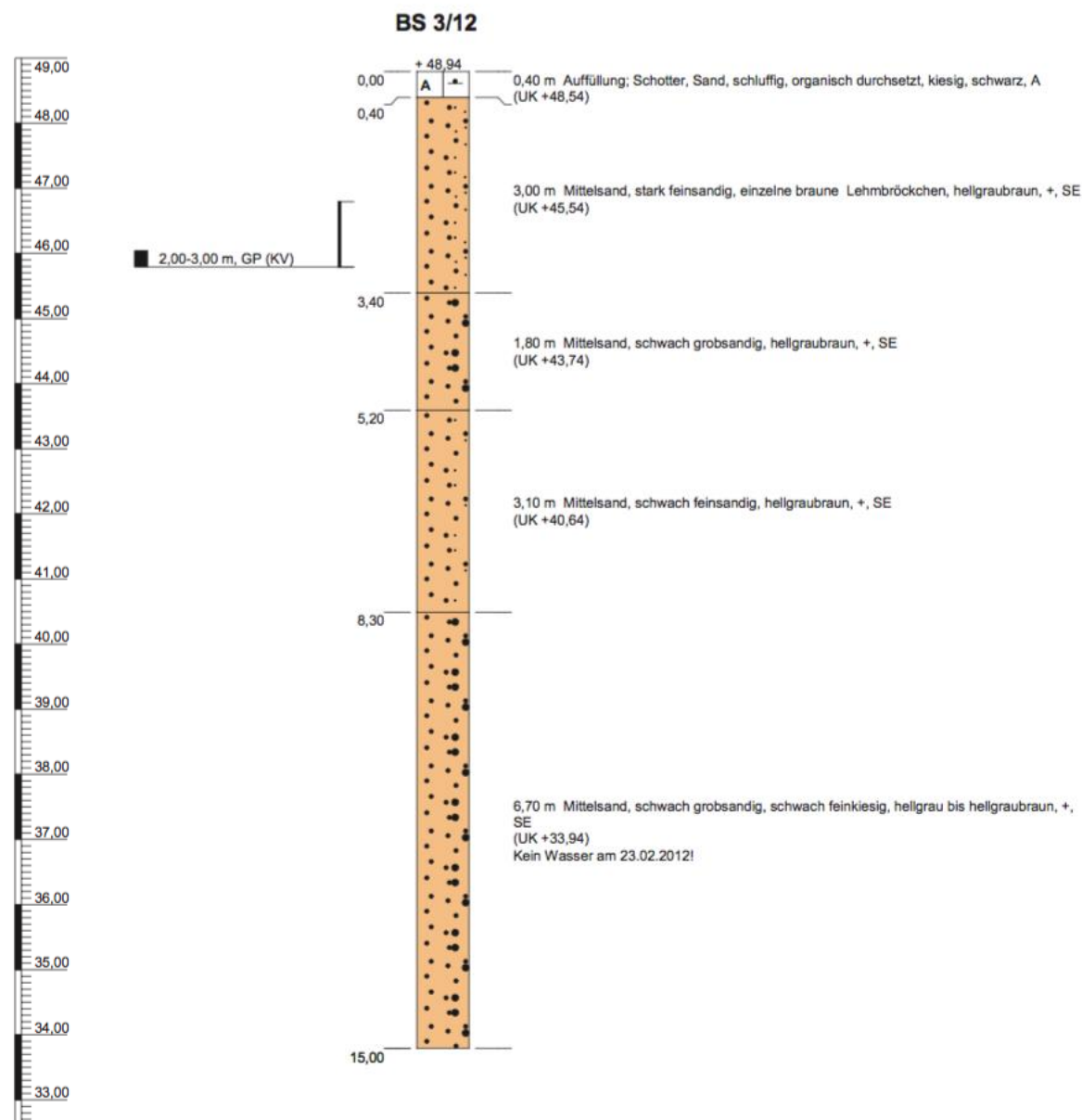


Figura 8. Sondeo representativo del estribo norte.