

**INVESTIGACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO  
DEL SECTOR SUP I.1 “LOS ALMENDROS” EN  
TORREJÓN DE ARDOZ (MADRID)**

**Madrid, 22 de enero de 2019**

**Alfonso Giménez Fernández  
Geólogo.**

## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVOS DE LOS TRABAJOS</b> .....	<b>3</b>
<b>3. ALCANCE DE LOS TRABAJOS</b> .....	<b>4</b>
<b>4. NORMATIVA DE REFERENCIA Y CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELOS Y AGUAS SUBTERRÁNEAS</b> .....	<b>4</b>
<b>5. ESTUDIO PREVIO</b> .....	<b>5</b>
5.1. LOCALIZACIÓN Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL EMPLAZAMIENTO .....	5
5.2. ENCUADRE GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO .....	8
5.3. VULNERABILIDAD FRENTE A LA CONTAMINACIÓN .....	11
5.4. ESPACIOS PROTEGIDOS .....	12
5.5. ANTECEDENTES AMBIENTALES .....	12
<b>6. MODELO CONCEPTUAL INICIAL DEL EMPLAZAMIENTO</b> .....	<b>14</b>
6.1. FUENTES POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN RELACIONADAS CON LA ACTIVIDAD .....	14
6.2. CONDICIONANTES DEL MEDIO FÍSICO .....	14
6.3. IDENTIFICACIÓN DE VÍAS DE MOVILIZACIÓN, EXPOSICIÓN Y RECEPTORES.	15
<b>7. PLAN DE MUESTREO</b> .....	<b>15</b>
<b>8. RESULTADOS DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>17</b>
8.1. EJECUCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE PIEZÓMETROS .....	17
8.2. LITOLOGÍA. DESCRIPCIÓN DE NIVELES ATRAVESADOS .....	19
8.3. ENSAYOS HEAD-SPACE.....	20
8.4. RESULTADOS ANALÍTICOS.....	21
<b>9. CONCLUSIONES</b> .....	<b>26</b>

## **ANEXOS**

### **ANEXO I. PLANOS.**

- Plano 1. Localización geográfica**
- Plano 2. Mapa geológico**
- Plano 3. Mapa hidrogeológico**
- Plano 4. Localización de los puntos de muestreo**

### **ANEXO II. COLUMNAS LITOLÓGICAS.**

### **ANEXO III. CERTIFICADOS DEL LABORATORIO.**

### **ANEXO IV. REPORTAJE FOTOGRÁFICO.**

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio de caracterización ambiental del subsuelo del Sector SUP I.1 "Los Almendros" en Torrejón de Ardoz (Madrid) se ha realizado a petición de Ambiente Iberia S.L.

El ámbito del estudio han sido los "Suelos potencialmente contaminados y las aguas subterráneas asociadas" de los terrenos de la finca "Los Almendros", en Torrejón de Ardoz (Madrid) cuya localización se presenta en el Plano 1 "Localización geográfica".

Los trabajos han sido promovidos por la Junta de Compensación del Sector SUP-I.1 "Los Almendros" al objeto de ampliar el conocimiento del estado ambiental del subsuelo durante el proceso de desarrollo urbanístico que se está llevando a cabo en el emplazamiento y que prevé la construcción de naves industriales y espacios verdes dotacionales.

## 2. OBJETIVOS DE LOS TRABAJOS

Los objetivos de la investigación han sido:

- Ampliar el grado de conocimiento ambiental del subsuelo de la finca "Los Almendros" sobre la base de dos estudios previos de investigación en la zona:
  - *Estudio de los suelos contaminados. Plan de sectorización S.U.N.P.I.-1 "Los Almendros". Torrejón de Ardoz (Madrid). Arnaiz Consultores, S.L. Febrero 2004.*
  - *Informe de la situación del suelo, caracterización analítica y análisis de riesgos del sector SUP-R4 de Torrejón de Ardoz (Madrid). FCC Ámbito. Mayo de 2014.*
- Determinar la presencia o ausencia de sustancias potencialmente contaminantes en el suelo en concentraciones superiores a las consideradas en la legislación vigente en materia de suelos contaminados.
- Determinar la posible afección de las aguas subterráneas.
- Establecer la compatibilidad de la calidad del suelo en función del uso actual y del futuro uso del mismo.
- En caso necesario, establecer las medidas de actuación necesarias para eliminar los riesgos detectados.

### 3. ALCANCE DE LOS TRABAJOS

El alcance de los trabajos realizados se resume en:

- Estudio previo:
  - Análisis de los estudios previos de caracterización del subsuelo en la zona.
  - Infraestructuras a ejecutar según el Plan de desarrollo urbanístico promovido por la Junta de Compensación del Sector SUP-I.1 "Los Almendros".
  - Fotografías aéreas históricas disponibles.
  - Estudio del medio físico, definiendo el encuadre geológico e hidrogeológico del emplazamiento.
- Replanteo de los puntos de muestreo.
- Perforación de 6 sondeos mecánicos con instalación de piezómetro.
- Muestreo y envío a laboratorio acreditado para el análisis químico de 13 muestras de suelos y 6 de aguas subterráneas.
- Comparación de los resultados analíticos con la normativa aplicable.
- Emisión del informe.

### 4. NORMATIVA DE REFERENCIA Y CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELOS Y AGUAS SUBTERRÁNEAS

El marco legal de todas las actuaciones de la investigación lo constituye la *Ley 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y Suelos Contaminados*, que regula el régimen jurídico de los suelos contaminados y atribuye a la Comunidades Autónomas la competencia para su declaración e inventario.

Con el fin de determinar el nivel de calidad del suelo, los resultados analíticos de las muestras de suelo, se han comparado con los Niveles Genéricos de Referencia (NGR) establecidos en el *Anexo V del R.D. 9/2005, de 14 de Enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados*.

En el citado documento se prevén distintos niveles de referencia en función del uso del suelo y del ámbito de protección. Dado que la parcela objeto de estudio tendrá un uso industrial pero también urbano (previsión de espacios verdes dotacionales), para la valoración se han tomado los NGR establecidos para uso urbano por ser los más restrictivos.

Para los hidrocarburos totales del petróleo (TPH) se ha considerado la concentración de 50 mg/kg

indicada en el Anexo IV del mismo Real Decreto.

En cuanto a los parámetros no previstos en el R.D., la comparativa se ha realizado con respecto a los límites previstos en la *Orden 2770/2006* de la Comunidad de Madrid, de 11 de agosto, modificada por la *Orden 761/2007* de 2 de abril, que establece los *niveles genéricos de referencia de metales pesados y otros elementos traza en suelos contaminados de la Comunidad de Madrid*; considerando, asimismo, un uso urbano del suelo.

Ante la ausencia de una Normativa nacional o de las Comunidades Autónomas para la evaluación de la calidad de las aguas subterráneas, se ha utilizado la Normativa Holandesa *Soil Remediation Circular 2013, versión of 1 July 2013*, elaborada por el Departamento de Protección de Suelos del Ministerio de la Vivienda, Planificación y Medio Ambiente de Holanda, la cual constituye una referencia de uso internacional. En esta norma, para cada parámetro se establece un valor objetivo, por debajo del cual se considera que no existe afección, y un valor de intervención, por encima del cual deberían llevarse a cabo actuaciones de remediación. La comparativa se ha efectuado con respecto a los valores de intervención.

Debe tenerse en cuenta que todas las comparativas se realizan con respecto a niveles genéricos por lo que, en el caso de que se detecten afecciones a la calidad del suelo o las aguas subterráneas, deberán determinarse los niveles de referencia específicos para el emplazamiento mediante el correspondiente Análisis Cuantitativo de Riesgos.

## 5. ESTUDIO PREVIO

### 5.1. LOCALIZACIÓN Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL EMPLAZAMIENTO

La finca "Los Almendros", cuenta con una superficie de 87,8 hectáreas y se ubica al sur del casco urbano de Torrejón de Ardoz (ver Anexo I, plano 1 "Localización geográfica"), siendo sus límites los que siguen:

- Al Norte: el Parque Industrial "Las Monjas".
- Al Este: el barrio del Castillo, el arroyo del Valle y la vía de ferrocarril Madrid- Barcelona.
- Al Oeste: los depósitos de combustible de Compañía Logística de Hidrocarburos (CLH) y el límite del término municipal de San Fernando de Henares.
- Al Sur: la Finca de Aldovea, el Canal del Henares y el río Henares.

Sobre la base de estudio de fotointerpretación realizado en la foto aérea perteneciente al vuelo del año 1956, se determinó que la actividad en dicha fecha era de tipo agrícola:

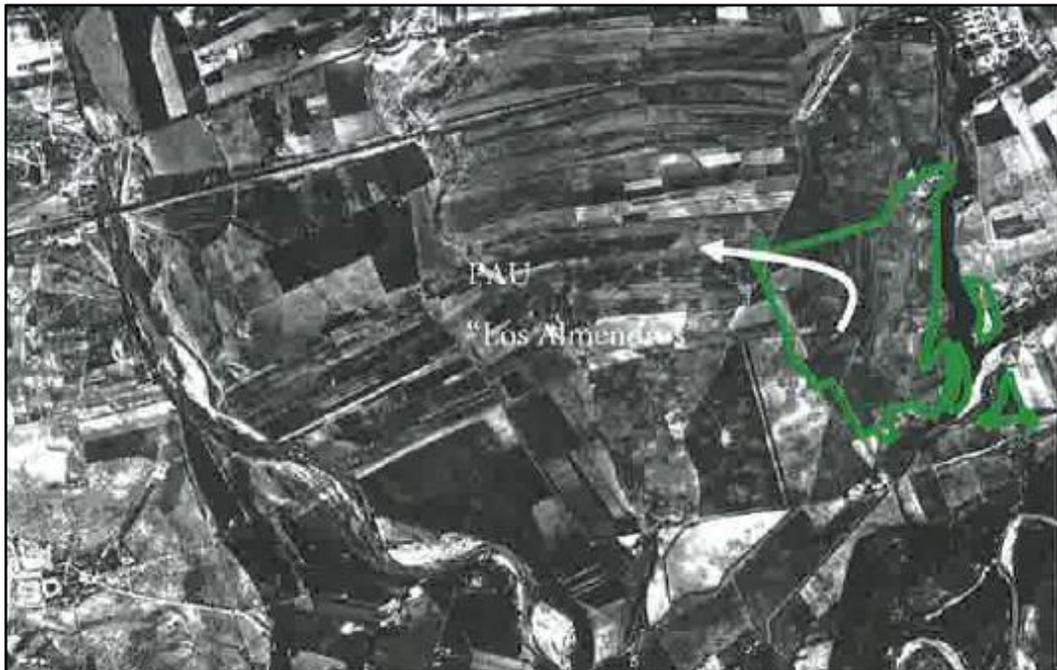


Figura 1. Ocupación del suelo en el Sector "Los Almendros" y en su entorno en el año 1956.

En 1980 continúa predominando el uso agrícola. Como aspectos a destacar, ya en esta fecha se encuentra operativa la carretera M-206, así como los depósitos de CLH, que se ubican al suroeste del Sector "Los Almendros".



Figura 2. Ocupación del suelo en el Sector "Los Almendros" y en su entorno en el año 1980.

En 2000 la ocupación es similar a la del año 2001, con la única novedad de que al noreste hay una subestación eléctrica. Asimismo, limitando al norte se encuentra el polígono industrial de las Monjas,

que no existía con anterioridad.



Figura 4. Ocupación del suelo en el Sector "Los Almendros" y en su entorno en el año 2000.

En 2018 se observa la construcción de una depuradora al sur (al este del complejo de CLH) y el comienzo del desarrollo del polígono industrial situado al oeste de la finca.



Figura 5. Ocupación del suelo en el PAU "Los Almendros" y en su entorno en el año 2018.

## 5.2. ENCUADRE GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

### Geología

El área de estudio se enclava en el extremo SW del denominado Corredor del Henares, una extensa llanura de origen aluvial que se prolonga linealmente entre Torrejón de Ardoz y Guadalajara. Los materiales que conforman esta llanura son, fundamentalmente, depósitos de las terrazas del río Henares, habiéndose reconocido hasta 15 niveles diferenciados que abarcan del Pleistoceno inferior al superior. Litológicamente, están compuestas por gravas y cantos poligénicos de composición cuarcítica y calcárea, arenas y arcillas, con presencia de nódulos y encostramientos calcáreos, presentando unos espesores que, en general, no superan los 6 m.

En el emplazamiento, las terrazas tienen una edad Pleistoceno medio y se encuentran parcialmente cubiertas por depósitos de conos de deyección del Pleistoceno medio y superior y de composición litológica similar, gravas, arenas, arenas arcillosas y fangos, por lo que su reconocimiento en campo, especialmente en una zona muy antropizada, puede presentar confusiones.

Bajo estos materiales se localizarían los sedimentos del terciario, formados por arcillas grisáceas y margas del Mioceno medio de origen lacustre-palustre y ligados a las facies de transición y distales de abanicos aluviales.

En el Anexo I Plano 2 se incluye el mapa geológico de la zona (Mapa Geológico de España E. 1:50.000, hoja 560 Alcalá de Henares. ITGE, 1990).

### Hidrología e hidrogeología

El área de estudio se emplaza sobre la Masa de Agua 030.006 Guadalajara, como se muestra en la figura 6 (fuente: Confederación Hidrográfica del Tajo) y su entorno está marcado por la presencia de los ríos Jarama y Henares, que constituyen los principales drenajes. Los arroyos menores se encuentran enmascarados por la acción antrópica.

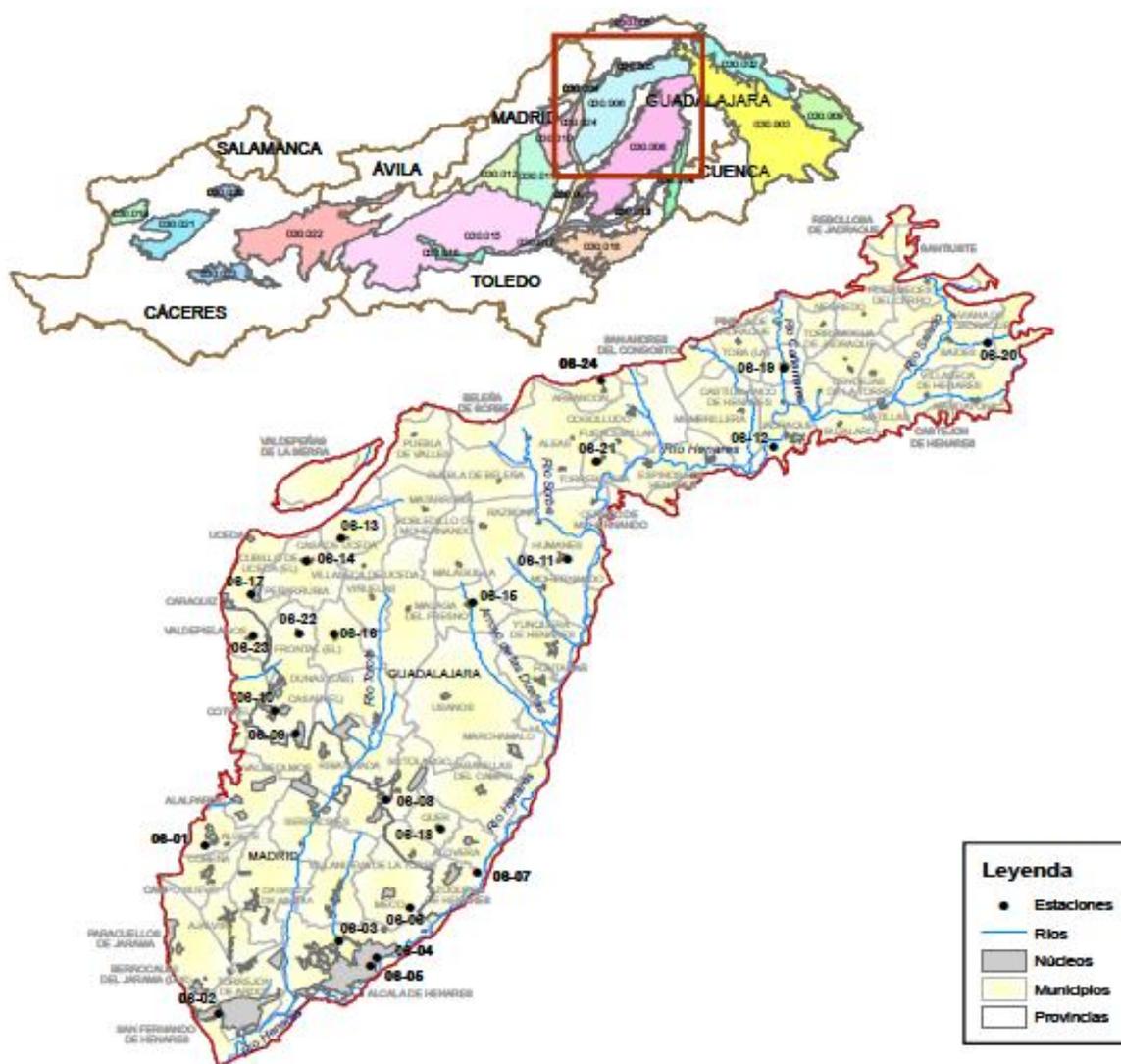


Figura 6. Masa de Agua 030.006 Guadalajara

Ambos ríos, tienen carácter ganador a su paso por el ámbito de Torrejón de Ardoz y San Fernando de Henares, aunque hace años la tendencia era inversa debido a los bombeos agrícolas y para abastecimiento del acuífero terciario. Actualmente, el abandono de numerosos pozos ha supuesto un ascenso generalizado de los niveles de agua subterránea y la descarga de los mismos en los ríos.

El acuífero cuaternario está estructurado en terrazas colgadas, de espesor normalmente inferior a los 6 m, y desconectadas hidráulicamente entre sí, por lo que es frecuente la existencia de surgencias en los frentes y taludes de los distintos niveles. El río Henares únicamente muestra conexión directa con la llanura aluvial.

La permeabilidad del acuífero es elevada, aunque su transmisividad está limitada por el reducido espesor del mismo. La dirección de flujo está determinada por el drenaje de los ríos Henares y Jarama. En el Anexo I, Plano 3 se incluye el mapa hidrogeológico (Mapa Hidrogeológico de España,

E. 1:200.000, ITGE 1997). En la figura 7 se recoge un perfil hidrogeológico sintético de la zona de estudio (tomado de Nebreda Ruiz, A. *et al. Hidrogeología del Sector Alcalá de Henares-Torrejón de Ardoz (Madrid)*. Geogaceta nº 55, págs. 59-62, 2014).

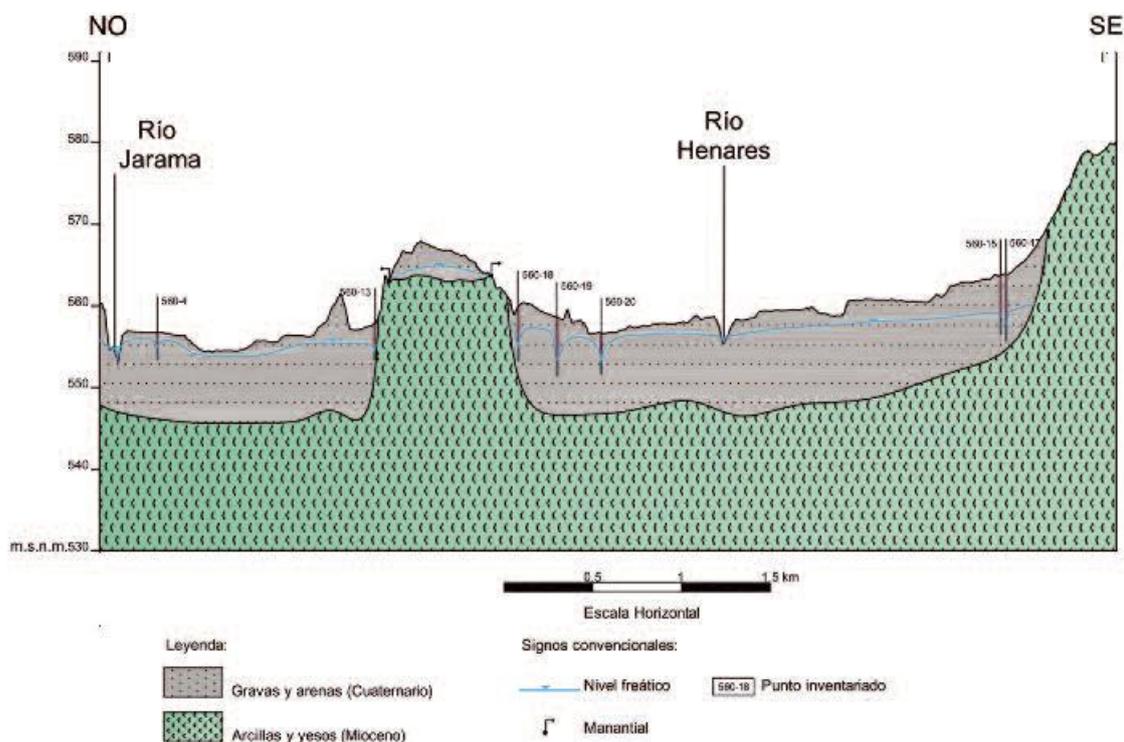


Figura 7. Perfil hidrogeológico sintético del acuífero cuaternario

Por su parte, el acuífero mioceno presenta una baja permeabilidad en el entorno del emplazamiento, dada la composición arcillosa y margosa de las facies de transición. No obstante, recibe aportes de las facies detríticas localizadas al N y NW, así como en profundidad, dado que las facies más groseras avanzan hacia el S y E en profundidad, presentando conexión hidráulica entre ambas, por lo que puede tener un interés significativo siempre que los pozos alcancen los sedimentos detríticos.

La dirección de flujo regional muestra una componente S, aunque localmente puede presentar una tendencia SE, hacia el río Henares, o SW, hacia el Jarama. La divisoria entre ambas se localiza, según unos autores (ITGE 1997) muy próxima al Jarama, mientras otros estudios más recientes y detallados (Nebreda 2014) la sitúan más al E, cerca del límite de los términos municipales de Torrejón y San Fernando, como se muestra en la figura 8.

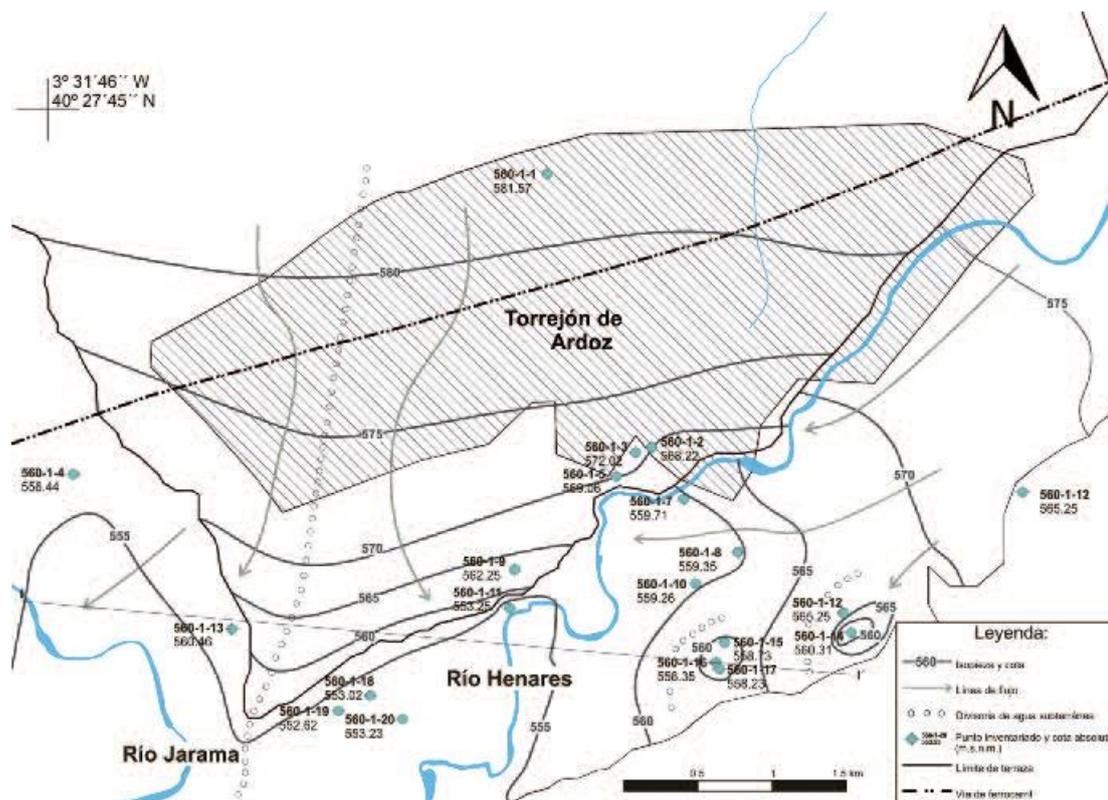


Figura 8. Isopiezas del acuífero terciario

Con respecto a los ríos, el río Henares discurre a 1 km al SE, mientras el Jarama se encuentra a unos 2 km al SW.

### 5.3. VULNERABILIDAD FRENTE A LA CONTAMINACIÓN

La vulnerabilidad del área del emplazamiento se considera como Alta, atendiendo a su localización sobre el acuífero cuaternario, muy permeable por porosidad intergranular.

En la Figura 9 se incluye el mapa de vulnerabilidad a la contaminación (fuente: Atlas Geocientífico del Medio Natural de la Comunidad de Madrid. Instituto Geológico y Minero de España - Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, 2007).

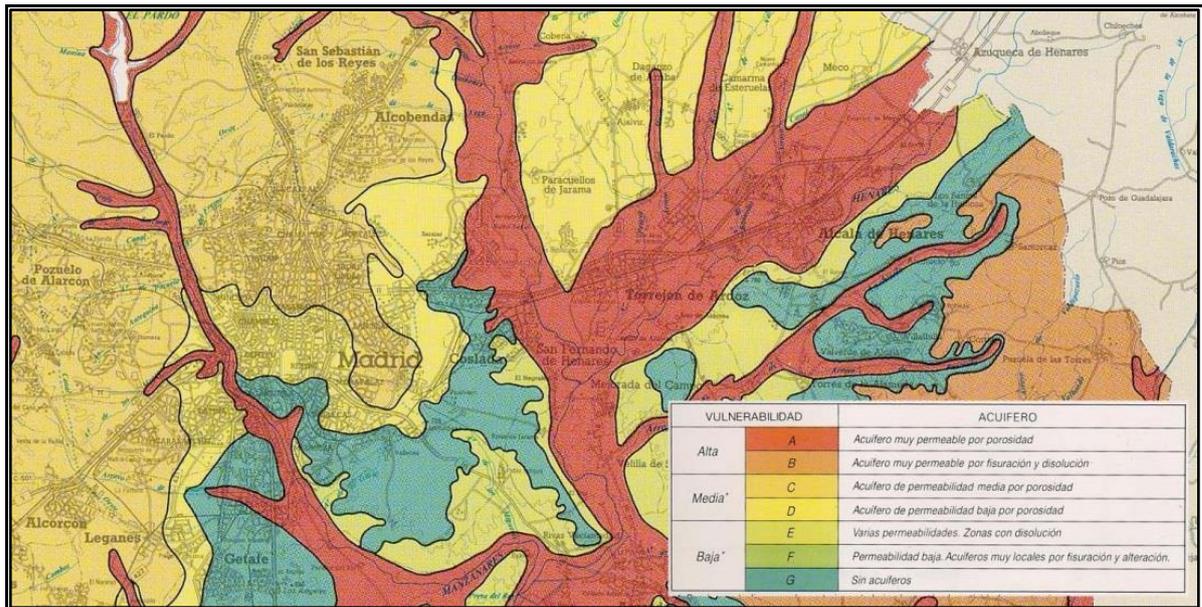


Figura 9. Mapa de vulnerabilidad

#### 5.4. ESPACIOS PROTEGIDOS

A 1 km al sureste del emplazamiento se localiza el río Henares, cuyo curso y unos 100 metros a cada lado del mismo, se encuentra incluido en la Red Natura 2000, protegidos por la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (directivas 2009/147/CE y 92/43/CEE), encontrándose designado como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) "Cuencas de los ríos Jarama y Henares" (ES3110001).

Así mismo, al sureste de las instalaciones, se localiza otra zona dentro de la Red Natura 2000 designada como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) "Vegas, Cuestas y Páramos del Sureste" (ES3110006) y Zona de Especial Protección para la Fauna (ZEPA) "Cortados y Cantiles de los ríos Jarama y Manzanares" (ES0000142), espacio también incluido en el Parque Regional en torno a los ejes de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama (Parque del Sureste), por la Ley 6/1994, de 28 de junio, sobre el Parque Regional en torno a los ejes de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama, modificada por la Ley 7/2003, de 20 de marzo.

#### 5.5. ANTECEDENTES AMBIENTALES

En cuanto al grado de conocimiento ambiental del subsuelo de la finca "Los Almendros" se tiene constancia de dos estudios previos investigación en la zona:

- *Estudio de los suelos contaminados. Plan de sectorización S.U.N.P.I.-1 "Los Almendros". Torrejón de Ardoz (Madrid). Arnaiz Consultores, S.L. Febrero 2004.*
- *Informe de la situación del suelo, caracterización analítica y análisis de riesgos del sector*

SUP-R4 de Torrejón de Ardoz (Madrid). FCC Ámbito. Mayo de 2014.

**Es importante señalar que esta investigación corresponde a la finca situada lindando al este de la zona de estudio, utilizada parcialmente como antiguo vertedero, inicialmente de residuos inertes y posteriormente también de residuos urbanos. No obstante, alguno de los puntos de muestreo se sitúa justamente en los límites de ambas parcelas, por lo que sus conclusiones se han tenido en cuenta a la hora de valorar los resultados de la presente caracterización.**

Las conclusiones de los estudios citados fueron las siguientes:

#### **Estudio de 2004**

- Las fuentes potenciales de contaminación existentes en el PAU "Los Almendros" son tres; dos de carácter difuso, asociadas al tráfico rodado, así como a la agricultura y una tercera puntual, relacionada con las acumulaciones ocasionales de escombros y chatarras, que a veces aparecen en este tipo de instalaciones y que, sin embargo, durante la visita al Sector no se detectaron.
- En consecuencia, los contaminantes potenciales son los que se derivan del uso de abonos químicos, básicamente nitratos, así como metales pesados producto de la combustión de gasolinas, desgaste de neumáticos y de la actividad de la subestación eléctrica.
- Con objeto de definir la calidad del suelo, se zonificó el PAU en dos áreas: áreas potencialmente contaminadas y áreas potencialmente no contaminadas. En cuanto a las primeras, se definieron tres zonas:
  - Una banda de 100 metros próxima a la carretera M-206, con objeto de determinar el impacto derivado del tráfico rodado existente.
  - Una banda de 25 metros limitada por los depósitos de CLH, con el fin de establecer si la actividad existente en dicha instalación, da como resultado la contaminación del PAU.
  - Una banda de 25 metros limitada por la subestación eléctrica, para determinar si de dicha subestación se deriva contaminación sobre el suelo.
- La comparación de los valores de fondo y de referencia, con los resultados de las analíticas realizadas, permitieron concluir que el área evaluada se encontraba en condiciones naturales, en lo que a las concentraciones de metales pesados presentes se refiere.

#### **Estudio de 2014**

- No se localizaron ni identificaron zonas de afección en el subsuelo, exceptuando los suelos que conforman la base del vertedero y el relleno superior.
- No se superaron los NGR de metales recogidos en la Orden 2770/2006 de la CAM en las

muestras analizadas, excepto para el arsénico y berilio en algunas de las muestras tomadas en esta caracterización, la mayoría ubicadas en la zona del vertedero.

- Respecto al RD9/2005 de suelos, no se superaron los NGR salvo un caso puntual benzo(a)pireno en el S-7 ubicado en el vertedero (en una muestra de suelo superficial). Para el caso de las concentraciones en TPH, cabe destacar que todos los valores se encuentran por debajo del valor de referencia (y gran parte por debajo del límite de detección analítico), excepto las muestras tomadas en la zona del vertedero (concentración máxima de 1.470 mg/kg) y una muestra puntual en el sondeo S-1 en zona Norte y aguas arriba del vertedero, con 54 mg/kg.
- Respecto a las aguas subterráneas, no se superaron en ningún caso los niveles de intervención de la normativa holandesa en ninguna de las muestras analizadas fuera del vertedero, excepto en el S-7 para el xileno. Con respecto a los niveles objetivo, sólo se supera para el cobalto y TPH en el sondeo S-1 ubicado en la zona Norte (aguas arriba) y en la zona de vertedero se superan los valores objetivo en BTEX, TPH y metales pesados (arsénico, cromo, cobalto, plomo y zinc) en la muestra del S-7.
- No se apreció movilización lateral ni migración en profundidad de la afección procedente de la masa de residuos del vertedero, tanto en suelos como en aguas subterráneas, considerándose el vertedero como el foco principal y único de afección.
- No se localizaron ni identificaron zonas de afección superficial, exceptuando acumulaciones superficiales de residuos de tipo RCD's (ladrillos, azulejos, hormigón, maderas, etc.), dispersos en montículos de escasa superficie y altura en la zona Norte y de escasa entidad en la zona Sur.

## **6. MODELO CONCEPTUAL INICIAL DEL EMPLAZAMIENTO**

### **6.1. FUENTES POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN RELACIONADAS CON LA ACTIVIDAD**

No se han llevado a cabo actividades industriales en la zona de estudio, solo de tipo agrícola, si bien se debe tener en cuenta que la parcela anexa al Este corresponde a un antiguo vertedero de RCD's en el que también coexisten RSU.

### **6.2. CONDICIONANTES DEL MEDIO FÍSICO**

El terreno sobre el que se asienta el área de estudio presenta una permeabilidad elevada y un nivel freático somero (en torno a los 5 m de profundidad), según la información bibliográfica, por lo que su vulnerabilidad frente a la contaminación es alta.

### 6.3. IDENTIFICACIÓN DE VÍAS DE MOVILIZACIÓN, EXPOSICIÓN Y RECEPTORES

Las posibles vías de movilización identificadas son los suelos y las aguas subterráneas.

Una potencial afección del suelo se movilizaría preferentemente en la vertical, condicionada por la elevada permeabilidad de los materiales, hasta alcanzar el nivel freático. A partir de este punto, la movilización principal de los contaminantes se realizaría a través del acuífero, estimándose su desplazamiento hacia el sur donde se ubica el río Henares.

En profundidad, los materiales terciarios pueden constituir una cierta barrera al avance de los contaminantes, dada su baja permeabilidad.

La presencia de contaminantes en el suelo supondría que los trabajadores de las futuras obras de edificación de naves industriales o los usuarios de las futuras zonas ajardinadas podrían verse expuestos a la inhalación o contacto con las mismas.

La lixiviación y afección a las aguas subterráneas implicaría el transporte a través del acuífero, pudiendo a los trabajadores de las futuras naves por inhalación de volátiles en espacios cerrados o usuarios de las zonas verdes por inhalación en espacios abiertos.

Se descartan las posibles vías de consumo de aguas subterráneas, dada la calidad previsible de las mismas en una zona muy antropizada e industrial, así como las actividades recreativas o de pesca en los ríos Henares y Jarama.

## 7. PLAN DE MUESTREO

Dado que se cuenta con una investigación detallada en el Sector "Los Almendros", el plan de muestreo se ha planteado con el objetivo de obtener datos adicionales y verificar la calidad del subsuelo en zonas especialmente sensibles, en concreto:

- Futuras zonas ajardinadas.
- Zonas donde se han detectado la presencia de algunos vertidos superficiales de escombros.

Adicionalmente, en las parcelas en las que se prevé la construcción de naves industriales, se están realizando investigaciones complementarias del suelo.

De acuerdo con lo anterior, se establecieron 6 puntos de muestreo de los suelos y las aguas

subterráneas mediante la ejecución de sondeos e instalación de piezómetros, detallándose a continuación la justificación de su emplazamiento (ver ubicación localización en Anexo I, plano 4).

- **Pz-1:** Zona central de la parcela, debido a la presencia de algunos vertidos superficiales de escombros. Se sitúa en el límite norte de la zona de futuros jardines y espacios arbolados (Red Pública Local).
- **Pz-2:** Al este. En zona del futuro parque urbano (según PGOU).
- **Pz-3:** Al sureste. En zona del futuro parque urbano (según PGOU).
- **Pz-4:** AL sur. En zona de futuros jardines y espacios arbolados (Red Pública Local).
- **Pz-5:** En el límite sur. En futuro parque dotacional (Red Pública General)
- **Pz-6:** Al sureste, debido a la presencia de algunos vertidos superficiales de escombros. En zona del futuro parque urbano (según PGOU)

Los análisis de las muestras han sido realizados por el laboratorio Alcontrol Laboratories acreditado según Norma UNE-EN-ISO/IEC 17025, analizándose los siguientes parámetros en todas las muestras (tanto para suelos como para aguas subterráneas):

- Contenido en hidrocarburos totales del petróleo TPH C10-C40.
- Contenido en BTEX: benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos.
- Contenido Fenoles.
- Contenido en Clorofenoles.
- Contenido en Pesticidas Clorados.
- Contenido en Policlorobifenilos (PCB's).
- Contenido en MTBE y ETBE.
- Contenido en hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH's).
- Contenido en acetona.
- Contenido en amino compuestos.
- Contenido en metales:
  - Antimonio.
  - Arsénico.
  - Bario.
  - Berilio.
  - Cadmio.
  - Cromo.
  - Cobalto.
  - Cobre.
  - Mercurio.
  - Plomo.
  - Manganeso.
  - Molibdeno.

- Níquel.
- Selenio.
- Talio.
- Estaño.
- Vanadio.
- Zinc.
- Plata.

En cuanto a la toma de muestras de suelos, señalar que se estableció como criterio la toma de al menos una muestra justo debajo del suelo agrícola o del nivel de relleno superficial y otra en el nivel de fluctuación de las aguas subterráneas.

## 8. RESULTADOS DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

### 8.1. EJECUCIÓN DE SONDEOS E INSTALACIÓN DE PIEZÓMETROS

Los sondeos fueron realizados entre el 24 y 27 de septiembre de 2018 por la empresa especializada SONGEO. La perforación se ha realizado mediante máquina sonda, con la técnica de rotación en seco con extracción de testigo continuo, a un diámetro de 101 mm y una profundidad de entre 8,0 y 12,2 m. Los testigos de la perforación fueron depositados en cajas de plástico acotadas, que fueron fotografiadas para disponer de un registro gráfico completo (ver Anexo IV Reportaje Fotográfico).

Durante la perforación se tomaron muestras cada 0,5-1,0 m de profundidad para la medición *in situ* de la concentración de compuestos orgánicos volátiles (COV) mediante la técnica de *head space*, utilizando para ello un detector por fotoionización (PID). Los resultados del *head space*, así como las características organolépticas de los terrenos atravesados quedan registrados en las columnas estratigráficas que se incluyen en el Anexo II Columnas Litológicas y fueron tenidas en cuenta para la selección de las muestras de suelo a enviar al laboratorio.

Se seleccionaron 2 muestras por sondeo (excepto en el sondeo S6, en el que se seleccionaron 3) para su análisis químico en el laboratorio. La codificación de las mismas responde al modelo Sx-z,z, donde x es el número de sondeo y z,z la profundidad a la que se tomó la muestra. En la tabla siguiente se relacionan las muestras de suelo seleccionadas para ser analizadas en el laboratorio:

**Tabla 1. Muestras de suelo analizadas**

Sondeos	Código de muestra
S1	S1-1,60
	S1-4,60
S2	S2-1,20
	S2-3,60
S3	S3-1,30
	S3-6,20
S4	S4-1,80
	S4-4,50
S5	S5-1,20
	S5-3,50
S6	S6-3,00
	S6-6,00
	S6-9,00

Las muestras de suelo se tomaron del núcleo central de los testigos, eliminando los materiales exteriores que pudieran haber estado en contacto con la batería de perforación.

En todos los sondeos se recogió una muestra en los niveles identificados como más susceptibles de presentar afecciones para su envío al laboratorio. Adicionalmente, se tomó un duplicado de esa misma muestra y otras muestras adicionales a distintas profundidades por si fuera necesario realizar analíticas complementarias o determinar la posible distribución de los contaminantes en profundidad.

Las muestras fueron introducidas en tarros de vidrio ámbar, debidamente siglados e identificados y conservadas refrigeradas en neveras de campo.

La perforación se prolongó hasta alcanzar al menos 3 m bajo por debajo del nivel freático, con el fin de tener una columna de agua suficiente y prever posibles oscilaciones anuales. Las profundidades alcanzadas fueron las siguientes:

**Tabla 2. Profundidades alcanzadas por los sondeos**

Sondeos	Profundidad (m)
S1	12,00
S2	10,00
S3	12,00
S4	8,50
S5	12,20
S6	9,00

Una vez terminados los sondeos se procedió a la instalación de piezómetros mediante tubería de PVC de 50 mm de diámetro nominal. Se dispuso tubería filtro con ranuras de 0,5 mm desde los 2,5-3 m hasta el fondo para permitir el paso de las aguas subterráneas. Desde los 2,5-3 m hasta la superficie se dispuso tubería ciega, para impedir la entrada de posibles contaminantes superficiales.

El espacio anular se rellenó con gravilla silícea, redondeada y calibrada (3-5 mm), hasta 0,5 m por encima del filtro, rellenando el resto con bentonita en pellets humedecida, que constituye un sello impermeable. Finalmente se colocó un tapón de PVC en superficie.

Tras la instalación de los piezómetros, se efectuó el desarrollo de los mismos mediante bombas eléctricas de 12 v., extrayendo, al menos, 5 veces el volumen de agua almacenado en los mismos.

El día 24/10/18, se procedió al purgado de los piezómetros con bailers desechables y se tomó una muestra de cada piezómetro.

Periódicamente se realizó un seguimiento de los niveles de agua, mediante el uso de una sonda de interfase, siendo estos los resultados:

**Tabla 3. Niveles de agua medidos en los piezómetros (m).**

Piezómetro	En perforación	28/09/18	24/10/18	28/11/18
PZ1	6,0	6,05	6,03	Inaccesible: cubierto o destruido
PZ2	Sin agua evidente, varios tramos húmedos	6,02	6,00	5,95
PZ3	no detectado, sólo humedad	seco	9,27	9,15
PZ4	5,0	5,04	5,03	5,01
PZ5	no detectado, sólo humedad	seco	9,01	8,97
PZ6	7,0	6,78	6,20	6,21

Las mediciones se realizaron a boca de piezómetro. Presentaban las siguientes alturas sobre el nivel de suelo: PZ1 0,38m, PZ2 0,95m, PZ3 0,04m, PZ4 0,69m, PZ5 0,34m y PZ6 0,61m.

El piezómetro PZ1 ha sido cubierto por tierras procedentes de las prospecciones arqueológicas.

## 8.2. LITOLOGÍA. DESCRIPCIÓN DE NIVELES ATRAVESADOS

Los principales niveles reconocidos en los sondeos de techo a muro han sido los siguientes:

- Niveles antrópicos: Rellenos arenosos con algún resto antrópico (escombros) y gravas. En S-2, se observa suelo agrícola. La profundidad es variable, presentando el mayor espesor en el sondeo S-6, en el cual se detectan restos de residuos diversos como cables o plásticos hasta los 4,8 m, lo que es coherente por su implantación sobre el antiguo vertedero de RCD's.
- Gravas finas en matriz areno-limosa: Las profundidades varían entre los 3,5 m (S-2 y S-4) hasta los 5,9 m de S-3.
- Arcillas verdosas con pasadas de yesos intercalados: Hasta profundidades máximas de 9 m en el caso de S-6. Los yesos aparecen en los sondeos S-1, S-3 y S-5.
- Arcillas marrones: Presentan con colores oscuros (marrones y negros), compactas a muy compactas. Este nivel correspondería a los sedimentos miocenos de las facies de transición.

En ninguno de los sondeos se evidenciaron indicios organolépticos que pudieran indicar la existencia de afecciones. Únicamente en S-6, se detectó olor asimilable a fecal durante toda la perforación.

En todos los sondeos se detectó la presencia de humedad entre los 5 y 6 m.

La descripción completa de los materiales y observaciones realizadas se recoge en el Anexo II, Columnas Litológicas.

### 8.3. ENSAYOS HEAD-SPACE

Durante la perforación se tomaron muestras de suelo cada metro, con el fin de realizar ensayos de head-space. Se trata de un ensayo cualitativo para determinar la posible presencia de sustancias volátiles y su distribución en profundidad mediante la medición de sus concentraciones con la ayuda de un detector por fotoionización (PID), aunque el PID no permite identificar sustancias individuales.

Para su ejecución, las muestras se introducen en una bolsa de polietileno de uso alimentario, se cierra y se disgrega la muestra en su interior con cuidado de no romper la bolsa, dejándola un tiempo de estabilización para permitir la liberación de los gases del suelo. El tiempo de espera o las condiciones ambientales (exposición al sol, temperatura) no son críticas al tratarse de un ensayo cualitativo, siempre que todas las muestras sean analizadas en idénticas condiciones.

Posteriormente, la bolsa se "pincha" con la propia cánula del PID y se realiza la medición hasta que los valores obtenidos sean estables, consignándose bien el valor máximo o bien el valor de estabilización.

Los resultados obtenidos fueron valores prácticamente nulos, excepto en el sondeo S-6 en que se detectaron valores de hasta 21,3 ppm, si bien se consideran cuantitativamente muy bajos. Las mediciones efectuadas se recogen en las Columnas Litológicas incluidas en el Anexo II.

#### **8.4. RESULTADOS ANALÍTICOS**

##### **Resultados de las muestras de suelo**

En las siguientes tablas se recogen los resultados analíticos de las muestras de suelo, junto con los valores de referencia establecidos en el R.D. 9/2005. La comparativa se realiza considerando un urbano dado que los datos de los puntos de muestreo corresponden a futuras zonas ajardinadas. Las concentraciones de metales se exponen junto con los niveles recogidos en la normativa de Madrid (Orden 2770/2006 modificada por la Orden 761/2007). Al igual que en el caso anterior, la comparativa se realiza para un uso urbano del suelo.

Los informes de laboratorio se incluyen en el anexo III.

Tabla 4. Resultados de las muestras de suelo comparativa con los valores de referencia del R.D. 9/2005

Parámetro	Unidad	NGR	S1-1,60	S1-4,60	S2-1,20	S2-3,60	S3-1,30	S3-6,20	S4-1,80	S4-4,50	S5-1,20	S5-3,50	S6-3,00	S6-5,00	S6-9,00
<b>COMPUESTOS AROMÁTICOS VOLÁTILES</b>															
benceno	mg/kgms	1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
tolueno	mg/kgms	30	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
etil benceno	mg/kgms	20	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
o-xileno	mg/kgms	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
p y m xileno	mg/kgms	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
xilenos	mg/kgms	100	<0,10 #	<0,10 #	<0,10 #	<0,10 #	<0,10 #	<0,10 #	<0,10 #	<0,10 #	<0,10 #	<0,10 #	<0,10 #	<0,10 #	<0,10 #
total BTEX	mg/kgms	-	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
estireno	mg/kgms	100	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>FENOLES</b>															
fenol	mg/kgms	70	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
m-cresol	mg/kgms	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
o-cresol	mg/kgms	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
p-cresol	mg/kgms	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
total cresoles	mg/kgms	100	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
<b>HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS</b>															
naftaleno	mg/kgms	8	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
acenaftileno	mg/kgms	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
acenafteño	mg/kgms	60	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
fluoreno	mg/kgms	50	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
fenantreno	mg/kgms	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
antraceno	mg/kgms	100	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
fluoranteno	mg/kgms	80	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02
pireno	mg/kgms	60	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02
benzo(a)antraceno	mg/kgms	2	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
criseno	mg/kgms	100	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
benzo(b)fluoranteno	mg/kgms	2	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02
benzo(k)fluoranteno	mg/kgms	20	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
benzo(a)pireno	mg/kgms	0,2	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
dibenzo(a,h) antraceno	mg/kgms	0,3	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
benzo(ghi)perileno	mg/kgms	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
lindeno(1,2,3-cd)pireno	mg/kgms	3	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
PAH-suma (VR0M, 10)	mg/kgms	-	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
PAH-suma (EPA, 16)	mg/kgms	-	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32
<b>COMPUESTOS ORGANOHALOGENADOS VOLÁTILES</b>															
1,1-dicloroetano	mg/kgms	70	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
1,2-dicloroetano	mg/kgms	0,5	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
1,1-dicloroetano	mg/kgms	0,7	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
diclorometano	mg/kgms	6	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
1,2-dicloropropano	mg/kgms	0,5	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
tetracloroetano	mg/kgms	7	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
tetraclorometano	mg/kgms	0,5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
1,1,2-tricloroetano	mg/kgms	7	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
tricloroetano	mg/kgms	7	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
clorotormo	mg/kgms	3	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
cloruro de vinilo	mg/kgms	0,7	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2,2-tetracloroetano	mg/kgms	0,3	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
trans-1,3-dicloropropeno	mg/kgms	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
cis-1,3-dicloropropeno	mg/kgms	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
suma (cis,trans) 1,3-dicloroprop	mg/kgms	0,7	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
<b>CLOROBENCENOS</b>															
monoclorobenceno	mg/kgms	10	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
1,2-diclorobenceno	mg/kgms	70	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
1,4-diclorobenceno	mg/kgms	4	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
1,2,4-triclorobenceno	µg/kgms	9000	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5,1	<1	<1
hexaclorobenceno	µg/kgms	100	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
<b>CLOROFENOLES</b>															
2-clorofenol	mg/kgms	10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,4,6-triclorofenol	mg/kgms	1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,6-diclorofenol	mg/kgms	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2,4,5-triclorofenol	mg/kgms	100	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
2,4,6-triclorofenol	mg/kgms	9	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
pentaclorofenol	mg/kgms	0,7	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
<b>POLICLOROBIFENILOS (PCB)</b>															
PCB 28	µg/kgms	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 52	µg/kgms	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2,7	<1	<1
PCB 101	µg/kgms	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3,2	4,8	<1
PCB 118	µg/kgms	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2,0	<1	<1
PCB 138	µg/kgms	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	9,3	18	<1
PCB 153	µg/kgms	-	<1</												

**Tabla 5. Resultados de las muestras de suelo. Comparativa con niveles en metales recogidos en la normativa de Madrid.**

Parámetro	Unidad	NGR	S1-1,60	S1-4,60	S2-1,20	S2-3,60	S3-1,30	S3-6,20	S4-1,80	S4-4,50	S5-1,20	S5-3,50	S6-3,00	S6-5,00	S6-9,00
<b>METALES</b>															
antimonio	mg/kgms	8	<1	<1	<1	2,0	<1	1,1	<1	2,8	<1	<1	1,3	<1	1,1
arsénico	mg/kgms	24	7,2	62	5,1	150	6,4	110	15	100	27	22	7,8	7,5	73
bario	mg/kgms	15200	70	140	58	220	37	130	53	190	57	120	64	50	62
berilio	mg/kgms	2	1,1	2,0	0,72	2,6	0,51	2,8	0,72	2,3	0,69	2,5	0,59	0,76	2,5
cadmio	mg/kgms	30	<0,2	<0,2	<0,2	0,21	<0,2	0,22	<0,2	0,52	<0,2	0,73	<0,2	<0,2	0,23
chromo	mg/kgms	230	15	29	11	35	10	34	14	30	10	29	12	11	34
cobalto	mg/kgms	150	6,7	11	4,4	14	4,7	13	11	10	5,2	12	3,6	5,1	15
cobre	mg/kgms	800	13	35	44	32	6,1	32	16	31	8,7	19	200	24	32
mercurio	mg/kgms	7	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
plomo	mg/kgms	270	11	16	<10	27	<10	27	<10	27	<10	18	40	12	30
manganeso	mg/kgms	3390	410	600	74	650	95	500	150	610	85	370	160	250	390
molibdeno	mg/kgms	150	<0,5	0,84	<0,5	3,6	<0,5	7,9	<0,5	21	<0,5	0,84	0,83	1,3	4,2
níquel	mg/kgms	1560	9,5	21	7,3	26	8,8	22	11	21	6,7	18	9,0	7,9	28
selenio	mg/kgms	390	0,69	0,55	<0,5	1,7	<0,5	1,00	<0,5	1,2	<0,5	0,89	<0,5	<0,5	1,1
talio	mg/kgms	3	<0,4	0,45	<0,4	0,67	<0,4	0,61	<0,4	0,64	<0,4	0,56	<0,4	<0,4	<0,4
estaño	mg/kgms	46730	1,9	3,6	<1,5	4,6	<1,5	5,9	<1,5	4,1	<1,5	4,7	16	5,8	4,4
vanadio	mg/kgms	370	18	55	12	93	11	52	18	60	17	51	10	14	46
zinc	mg/kgms	11700	38	70	48	92	25	95	33	140	25	170	84	35	99
plata	mg/kgms	50	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

### Resultados de las muestras de agua

En las siguientes tablas se recogen los resultados de las muestras de agua junto con los límites previstos en la legislación holandesa para compuestos orgánicos y metales. La comparativa se ha realizado con respecto al nivel de intervención.

Los informes de laboratorio se incluyen en el anexo III.

**Tabla 6. Resultados de las muestras de agua subterránea (en µg/l).**

Parámetro	Unidad	LIMITE INTERVENCION NORMA HOLANDESA	PZ-1	PZ-2	PZ-3	PZ-4	PZ-5	PZ-6
<b>METALES</b>								
antimonio	µg/l	20	<2.0	<2.0	6.4	<2.0	<2.0	3.8
arsénico	µg/l	60	8.1	<5	17	6.9	12	10
bario	µg/l	625	82	71	42	32	58	62
berilio	µg/l	15	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
cadmio	µg/l	6	2.7	0.71	0.58	0.58	0.79	0.85
cromo	µg/l	30	<1	<1	<1	<1	<1	3.0
cobalto	µg/l	100	<2	<2	9.4	<2	3.9	21
cobre	µg/l	75	7.5	3.1	<2.0	<2.0	2.4	110
mercurio	µg/l	0.3	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
plomo	µg/l	75	2.6	4.1	4.6	3.3	2.9	3.4
manganeso	µg/l	-	360	120	350	13	580	2400
molibdeno	µg/l	300	39	12	83	11	290	21
níquel	µg/l	75	7.6	4.4	7.6	3.1	7.3	38
selenio	µg/l	160	5.5	<3.9	<3.9	<3.9	5.3	9.0
talio	µg/l	7	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
estaño	µg/l	50	2.1	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	2.3
vanadio	µg/l	70	3.1	2.3	4.1	2.4	4.2	2.5
zinc	µg/l	800	17	<10	<10	<10	<10	66
plata	µg/l	40	<5	<5	<5	<5	<5	<5
<b>COMPUESTOS AROMÁTICOS VOLÁTILES</b>								
benceno	µg/l	30	0.43	<0.2	0.51	<0.2	0.68	160
tolueno	µg/l	1000	0.37	<0.2	0.34	<0.2	<0.2	93
etil benceno	µg/l	150	<0.2	<0.2	0.20	<0.2	<0.2	46
o-xileno	µg/l	-	0.22	<0.1	0.13	<0.1	<0.1	8.0
p y m xileno	µg/l	-	0.22	<0.2	0.37	<0.2	<0.2	10
xilenos	µg/l	70	0.44	<0.30	0.50	<0.30	<0.30	18
total BTEX	µg/l	-	1.2	<1	1.6	<1	<1	320
estireno	µg/l	300	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	330
<b>FENOLES</b>								
fenol	µg/l	2000	0.73	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	49
m-cresol	µg/l	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	14
o-cresol	µg/l	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	37
p-cresol	µg/l	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	13
total cresoles	µg/l	200	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	64
<b>HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS</b>								
naftaleno	µg/l	70	0.16	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	3.5
acenaftileno	µg/l	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
acenafteno	µg/l	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
fluoreno	µg/l	-	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.07
fenantreno	µg/l	5	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.02
antraceno	µg/l	5	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
fluoranteno	µg/l	1	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
pireno	µg/l	-	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
benzo(a)antraceno	µg/l	0.5	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
criseno	µg/l	0.2	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
benzo(b)fluoranteno	µg/l	-	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
benzo(k)fluoranteno	µg/l	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
benzo(a)pireno	µg/l	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
dibenzo(a,h) antraceno	µg/l	-	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
benzo(ghi)perileno	µg/l	0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/l	0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
PAH-suma (VROM, 10)	µg/l	1	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	3.5
PAH-suma (EPA, 16)	µg/l	-	<0.57	<0.57	<0.57	<0.57	<0.57	3.6
<b>COMPUESTOS ORGANOHALOGENADOS VOLÁTILES</b>								
1,1-dicloroetano	µg/l	900	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
1,2-dicloroetano	µg/l	400	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1.0
1,1-dicloroetano	µg/l	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.91
diclorometano	µg/l	1000	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
1,2-dicloropropano	µg/l	80	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
1,3-dicloropropano	µg/l	-	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
tetracloroetano	µg/l	40	0.30	2.0	<0.1	7.5	<0.1	0.81
tetraclorometano	µg/l	10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
1,1,2-tricloroetano	µg/l	130	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
tricloroetano	µg/l	500	<0.1	0.11	<0.1	0.12	<0.1	0.12
cloroformo	µg/l	400	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
cloruro de vinilo	µg/l	5	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.89
1,1,2,2-tetracloroetano	µg/l	-	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
<b>CLOROBENCENOS</b>								
monoclorobenceno	µg/l	180	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.7
1,2-diclorobenceno	µg/l	-	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
1,4-diclorobenceno	µg/l	-	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.4
1,2,4-triclorobenceno	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05
hexaclorobenceno	µg/l	0.5	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
<b>CLOROFENOLES</b>								
2-clorofenol	µg/l	-	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
2,4+2,5-diclorofenol	µg/l	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
2,4,5-triclorofenol	µg/l	-	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
2,4,6-triclorofenol	µg/l	-	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
pentaclorofenol	µg/l	3	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

**Tabla 6 (cont). Resultados de las muestras de agua subterránea (en µg/l).**

Parámetro	Unidad	LIMITE INTERVENCION NORMA HOLANDESA	PZ-1	PZ-2	PZ-3	PZ-4	PZ-5	PZ-6
<b>POLICLOROBIFENLOS (PCB)</b>								
PCB 28	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB 52	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB 101	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB 118	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB 138	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB 153	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB 180	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB Totales (7)	µg/l	<b>0.01</b>	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
<b>PESTICIDAS CLORADOS</b>								
suma DDT	µg/l	-	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
o,p-DDT	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
p,p-DDT	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
suma DDD	µg/l	-	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
o,p-DDD	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
p,p-DDD	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
suma DDE	µg/l	-	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
o,p-DDE	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
p,p-DDE	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
aldrino	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
dieldrino	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
endrino	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
suma aldrino/dieldrino	µg/l	-	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
suma aldrino/dieldrino/endrino	µg/l	<b>0,1</b>	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
alfa-HCH	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
beta-HCH	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
gamma-HCH	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
cis-heptacloroepóxido	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
trans-heptacloroepóxido	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
suma heptacloroepóxido	µg/l	<b>3</b>	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
alfa-endosulfan	µg/l	<b>5</b>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
hexaclorobutadieno	µg/l	-	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
hexacloroetano	µg/l	-	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
beta-endosulfan	µg/l	-	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
endosulfan sulfato	µg/l	-	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
trans-clordano	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
cis-clordano	µg/l	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
suma clordano	µg/l	<b>0,2</b>	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
<b>HIDROCARBUROS</b>								
hidrocarburos volátiles C6-C10	µg/l	-	<20	<20	<20	<20	<20	690
fracción C10-C12	µg/l	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10
fracción C12-C22	µg/l	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10
fracción C22-C30	µg/l	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10
fracción C30-C40	µg/l	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10
hidrocarburos totales C10-C40	µg/l	<b>600</b>	<50	<50	<50	<50	<50	<50
acetona	mg/l	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
<b>AMINO COMPUESTOS</b>								
3+4-cloroanilina	µg/l	-	<1.4	<1.4	<1.2	<1.2	<1.1	<1.1

A la vista de los resultados presentados se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- En cuanto a los suelos:
  - Se superan los valores de referencia del R.D. 9/2005 para PCB's y TPH en la muestra S6 a una profundidad de 3,00 m. Dado que este sondeo se ha realizado sobre la vertical del antiguo vertedero de residuos, estos resultados pueden estar relacionados con los contaminantes presentes en él.
  - Con respecto a los metales, se superan los valores de referencia establecidos por la CAM para arsénico y berilio en la práctica totalidad de las muestras profundas, mientras en las superficiales únicamente se detecta arsénico en S5 a 1,2 m. Cabe señalar que estos valores corresponden a valores naturales de fondo, especialmente

de las arcillas verdosas yesíferas, que ya fueron detectados en estudios previos.

- En cuanto a las aguas subterráneas:
  - En el piezómetro PZ6 se superan los valores de intervención establecidos en la Normativa Holandesa para cobre, benceno, estireno y suma de hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH's). De la misma forma que en los suelos, se interpreta que este hecho se debe a la ubicación del sondeo sobre el antiguo vertedero. En PZ5, atendiendo a la incertidumbre del laboratorio, podría superarse el nivel de intervención para el molibdeno. Su elevada concentración en este piezómetro no parece tener relación con actividades antrópicas, por lo que podría deberse a causas naturales debido a la presencia de un medio reductor durante la sedimentación de los materiales arcillosos terciarios, aunque en los suelos no se ha detectado una anormal concentración de molibdeno en este punto.

## 9. CONCLUSIONES

La investigación de la calidad de los suelos y las aguas subterráneas realizada en el Sector SUP I.1 "Los Almendros" de Torrejón de Ardoz (Madrid) ha revelado la presencia de algunas sustancias cuyas concentraciones superan los valores de referencia considerados en dicha investigación.

Con respecto a los metales pesados presentes en los suelos (arsénico y berilio), se considera que dichos valores corresponden a concentraciones de origen natural, como ya se puso de manifiesto en investigaciones anteriores. La concentración de estos elementos se detecta fundamentalmente en las muestras profundas vinculadas a las arcillas verdosas yesíferas.

En cuanto al resto de las sustancias analizadas en los suelos, únicamente se sobrepasan los valores de referencia en PZ6 a 3,0 m para las concentraciones de PCB's y TPH. Debe resaltarse que esta muestra corresponde a la masa de residuos y que las muestras más profundas tomadas en este mismo sondeo (a 6,0 m y 9,0 m) presentan concentraciones muy inferiores a los límites considerados.

En las aguas subterráneas se detectan concentraciones por encima de los valores de referencia en PZ6, en los que se sobrepasan los considerados para cobre, benceno, estireno y PAH, vinculándose su origen a la presencia de los residuos del antiguo vertedero.

Atendiendo a las afecciones detectadas, se recomienda llevar a cabo una valoración de riesgos ambientales en la zona prevista como futuro parque urbano en la que se emplaza el piezómetro PZ6 para determinar si los contaminantes presentes suponen o no un riesgo inaceptable y establecer, en su caso, las medidas oportunas para minimizar dichos riesgos, tanto para los posibles trabajadores

en la fase de obras como para los residentes y usuarios del parque tras la finalización del proyecto. Debe tenerse presente que ya existen proyectos previos de recuperación de las zonas afectadas por los vertederos, por lo que deberán analizarse las medidas contempladas en dichos proyectos para determinar si su aplicación es compatible con un riesgo aceptable.

En el resto del Sector se considera que no existen afecciones antrópicas significativas y que los valores naturales de fondo de berilio y arsénico corresponden a niveles litológicos profundos que, en principio, no se verán alterados ni expuestos por la ejecución del Proyecto de urbanización, lo que implica que no existan vías de migración y exposición a dichos elementos. Asimismo, está prevista la investigación individualizada de las distintas parcelas a urbanizar (blancos ambientales), por lo que no se considera necesario llevar a cabo acciones adicionales.



Alfonso Giménez Fernández  
Geólogo  
ECOSIGNO S.L.

El presente informe consta de veintisiete páginas numeradas correlativamente de la 1 a la 27.

## **ANEXOS**

## **ANEXO I. PLANOS**

## **ANEXO II. COLUMNAS LITOLÓGICAS**

## **ANEXO III. CERTIFICADOS DEL LABORATORIO**

## **ANEXO IV. REPORTAJE FOTOGRÁFICO**