

Anexo 5:

ACR



Análisis Cuantitativo de Riesgos en un antiguo taller mecánico en Getafe, Madrid

R003-1722824COC-V02_ES

4 octubre 2022

Ref. R003-1723179COC-V02

Datos del documento

Título	Análisis Cuantitativo de Riesgos en un antiguo taller mecánico en Getafe, Madrid
Cliente	Novomotor, S.A.
Director de Área	Encarna Arana Jiménez
Jefe de Proyecto	Eva Cortes Cabrera
Autor	Eva Cortes Cabrera & César Tabernero
Nº Proyecto	1723179
Nº de páginas	41
Fecha	4 octubre 2022
Firma	EAI, COC & CTL

Datos de contacto

TAUW Iberia, S.A.U.
Avda. de la Albufera, 321 - 1º
28031 Madrid
T +34 91 37 89 700
E info.madrid@tauw.com

Este documento es propiedad intelectual de TAUW Iberia S.A.U. quedando prohibida su reproducción y/o publicación a través de impresión o de cualquier otro medio de transmisión como fotocopias o grabación, entre otros, sin previo consentimiento por escrito de TAUW Iberia, S.A.U.

TAUW Iberia S.A.U. autoriza al Cliente el uso de este documento con el propósito expresado en el mismo y en las condiciones acordadas entre el Cliente y TAUW Iberia S.A.U.

Contenido

1	Introducción.....	5
1.1	Objetivos	6
1.2	Metodología	6
2	Antecedentes ambientales	8
2.1	Estudio histórico.....	8
2.2	Síntesis de las investigaciones de calidad de suelos y aguas subterráneas realizadas ...	9
3	Modelo conceptual	14
3.1	Descripción de la fuente.....	14
3.1.1	Fuentes de contaminación.....	14
3.1.2	Contaminantes de interés (COCs).....	17
3.1.3	Concentraciones representativas	21
3.2	Descripción del medio.....	23
3.2.1	Medios de contacto con los receptores	24
3.3	Descripción de los receptores.....	25
3.3.1	Descripción de los receptores.....	26
3.4	Escenarios de exposición	27
4	Valoración de riesgos.....	29
4.1	Análisis de la toxicidad.....	29
4.1.1	Efectos asociados a los contaminantes	29
4.1.2	Características toxicológicas de los contaminantes.....	29
4.2	Análisis de exposición.....	30
4.2.1	Modelos de transporte	31
4.2.2	Datos introducidos en el modelo de cálculo.....	32
4.3	Cuantificación y evaluación del riesgo	34
4.4	Análisis de incertidumbres	35
4.4.1	Incertidumbres asociadas a la caracterización del emplazamiento.....	35
4.4.2	Incertidumbres asociadas a la definición de los escenarios	36
4.4.3	Incertidumbres asociadas a los modelos de transporte.....	37
4.4.4	Incertidumbres asociadas a la adopción de valores estadísticamente seguros	37
4.4.5	Incertidumbres asociadas a los efectos toxicológicos de los contaminantes implicados.....	37

Ref. R003-1723179COC-V02

4.5	Análisis de sensibilidad	38
5	Conclusiones	40
5.1	Resultados de riesgo obtenidos	40

1 Introducción

En este informe se presenta el Análisis Cuantitativo de los Riesgos (ACR) para la salud humana realizado para un antiguo emplazamiento industrial en forma de taller mecánico localizado en Calle Progreso 3 en el Polígono Industrial Los Olivos, dentro del municipio de Getafe, Madrid.

El presente documento se deriva del estudio de calidad del suelo **“Novomotor EDD Fase II en un antiguo taller mecánico en Getafe, Madrid - R002-1723179COC-V02”** que TAUW llevó a cabo en el emplazamiento entre agosto y septiembre de 2022 cuyo objetivo principal fue caracterizar ambientalmente el subsuelo del emplazamiento y evaluar la calidad del suelo una vez finalizadas las actividades industriales desarrolladas históricamente en el emplazamiento.

El emplazamiento se encuentra ubicado en la localidad de Getafe, al sur de la Comunidad de Madrid, en una zona con usos mayoritariamente industrial. Las coordenadas aproximadas son: (ETRS89 - Huso 30) UTM X: 441 328 y UTM Y: 4 462 123 y se encuentra a una altitud de aproximadamente 614 m sobre el nivel del mar.

Actualmente no se desarrolla ninguna actividad en él. Según la documentación revisada, NOVOMOTOR S.A. desarrolló su actividad desde 2002 hasta 2021, la cual consistía en el mantenimiento y reparación de vehículos de motor además de venta, mantenimiento y reparación de motocicletas y ciclomotores y sus repuestos y accesorios.



Figura 1.1 Ámbito de actuación

En la parcela de estudio se encuentra un edificio principal compuesto por varios módulos que incluyen dos zonas de exposición para la venta de coches unidas a dos plantas usadas como oficinas y zonas comunes. El resto se dedicaba a zonas de taller para diferentes tareas y

Ref. R003-1723179COC-V02

almacenaje de productos. Este edificio comprende además una planta soterrada usada como aparcamiento e instalaciones técnicas y/o almacenes, y una zona de cubierta con instalaciones técnicas. Alrededor del edificio principal se identifica un túnel de lavado y distintas salas con instalaciones.

De acuerdo a la información facilitada el uso futuro de la parcela seguirá siendo industrial, conservándose toda la superficie del emplazamiento pavimentada y la mayor parte de las edificaciones existentes.

1.1 Objetivos

Los principales objetivos de este documento son los siguientes:

- Determinar el nivel de riesgo al que pueden verse sometidos los potenciales receptores en el ámbito del emplazamiento y su entorno a causa de los contaminantes detectados en suelo y agua subterránea en la investigación de la calidad del subsuelo desarrollada.
- Proporcionar un diagnóstico de la calidad del suelo en el emplazamiento en términos de riesgo que permita establecer si se trata de un espacio contaminado o no de acuerdo a la normativa vigente (*Real Decreto 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*).
- Identificar aquellos elementos de riesgo críticos y su contribución al nivel de riesgo global, de manera que se facilite el proceso para la toma de decisiones en el proceso de gestión del riesgo en el emplazamiento y, eventualmente, establecer las directrices de actuación de cara a dar solución a la contaminación existente.

1.2 Metodología

La metodología aplicada para realizar el estudio ha seguido directrices contrastadas por diversos organismos públicos nacionales e internacionales, y en particular aquellas establecidas en la por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid en el documento "Guía de análisis de riesgos para la salud humana y los ecosistemas" (CMOT, 2004) y las "Instrucciones Técnicas para el Análisis de Riesgos para la salud humana en el ámbito del Real Decreto 9/2005" de julio de 2011, las recogidas en la "Guía metodológica para el análisis de riesgos para la salud humana y los ecosistemas" del Gobierno Vasco (IHOBE, 1998) y las publicadas por la Agencia Ambiental de EE.UU., en el documento "Risk assessment guidance for superfund. Vol I, Human health evaluation manual" (USEPA, 1989).

De forma resumida, el estudio se ha estructurado de la siguiente manera:

Ref. R003-1723179COC-V02

- *Modelo conceptual del emplazamiento.* Se ha definido el ámbito de estudio en términos de riesgo, determinando cada uno de los elementos que constituyen los distintos escenarios de riesgo.
- *Análisis de la toxicidad.* Se ha revisado y actualizado la información fisicoquímica y toxicológica (dosis de referencia, factor de pendiente, etc.) relativa a los contaminantes representativos.
- *Análisis de la exposición.* Se han cuantificado las dosis de exposición de los contaminantes seleccionados en cada escenario de riesgo mediante la aplicación informática *RBCA Tool Kit for Chemical Releases (Groundwater Services, 1998)*, basada en la metodología desarrollada en el documento "*Standard Guide for Risk-Based Corrective Action*" (ASTM, 2000).
- *Caracterización del riesgo.* Se han determinado los niveles de riesgos individuales e integrados para cada escenario, evaluando si se producen situaciones inadmisibles en las condiciones actuales y previsibles en el futuro.
- *Análisis de incertidumbres:* Se han realizado las valoraciones oportunas en relación con las incertidumbres que pudieran quedar sobre todo el proceso de análisis de riesgos.

El enfoque planteado para el análisis realizado es muy conservador, de forma que permita descartar situaciones de riesgo evidentes, aplicando el criterio de precaución.

2 Antecedentes ambientales

En este capítulo se incluye la descripción de los antecedentes ambientales del emplazamiento, centrándose principalmente en las campañas de caracterización de la calidad del suelo y las aguas subterráneas ejecutadas que servirán de base para la elaboración de este ACR.

2.1 Estudio histórico

La propiedad presentó un uso agrícola hasta finales de los años 70. Después fue usada como zona de acopio de materiales y, tras permanecer unos años en desuso, se empezaron a construir en los primeros años del siglo XXI las actuales edificaciones. En 2002 comenzó la actividad de taller mecánico (y venta de vehículos) considerada como actividad potencialmente contaminante del suelo según el Real Decreto 9/2005, desarrollándose hasta el año 2021 aproximadamente.

El emplazamiento está constituido por un gran edificio de 6.530 m² formado por varios módulos con distintas características y usos:

- Módulos de exposición de vehículos – color azul: edificios diáfanos y acristalados donde se exponían los vehículos.
- Área de recepción de vehículos y oficinas – color rosa: este módulo dispone de dos alturas, en la planta baja se recepcionaban los vehículos del taller y en la primera planta se encontraban las oficinas.
- Naves de taller – color naranja y amarillo: en estas naves se encontraba la zona de taller de ruedas e inspecciones a una altura (nave naranja). Los módulos del área amarilla se dedicaban a los siguientes usos:
 - M1: Taller mecánico y cabinas de lijado y pintura
 - M2: Almacenes de recambios
 - M3: Taller mecánico
- Sótano – color amarillo: toda el área de los módulos M1 a M3 constituye un sótano de 3-4 metros de altura en el que la actividad realizada era principalmente el almacenamiento de componentes y piezas. No se realizaba actividad de taller en el sótano exceptuando un lavadero para coches nuevos localizado en la zona este de M2.

De acuerdo con la información facilitada el emplazamiento realizó la actividad de taller mecánico y concesionario desde el desarrollo de la parcela en el año 2000 hasta 2021 cuando fue clausurada.

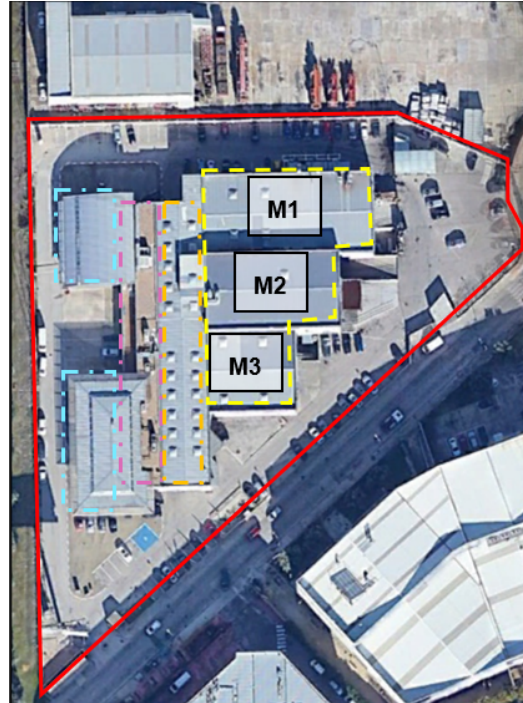


Figura 2.1 Configuración de la antigua actividad.

En la actualidad está completamente sin uso, con los edificios en buen estado y con los equipos e instalaciones en su mayoría retirados.

2.2 Síntesis de las investigaciones de calidad de suelos y aguas subterráneas realizadas

En este apartado se incluye un resumen de las caracterizaciones realizadas incluida en el informe “*Novomotor EDD Fase II en un antiguo taller mecánico en Getafe, Madrid - R002-1723179COC-V02*”, así como las tablas resumen con sus principales resultados.

Los trabajos de investigación fueron realizados en dos campañas de campo realizadas en agosto de 2022 y finales de septiembre de 2022 según se recoge a continuación:

1. La primera de ellas estuvo comprendida entre los días 10 y 18 de agosto de 2022 y contempló la ejecución de tres piezómetros a 13-15 metros de profundidad (Pz-1 a Pz-3), y tres sondeos cortos (SC-1 a SC-3) a 2,5-6 metros de profundidad. Esta campaña estuvo centrada principalmente en la caracterización de los potenciales focos de contaminación asociados a la actividad de taller mecánico.
2. Entre los días 12 y 22 de septiembre de 2022 se realizó una campaña que comprendió la ejecución de cinco sondeos con instalación de piezómetro a 14-16 metros de profundidad centrados en la delimitación horizontal de los impactos detectados.

Ref. R003-1723179COC-V02

En total se tomaron 57 muestras de suelo, 30 de las cuales fueron analizadas, y 7 muestras de agua subterránea, de todos los piezómetros en los que fue detectada (todos a excepción de Pz-5).

En la siguiente figura se localizan sobre fotografía aérea los puntos de muestreo ejecutados en el emplazamiento:

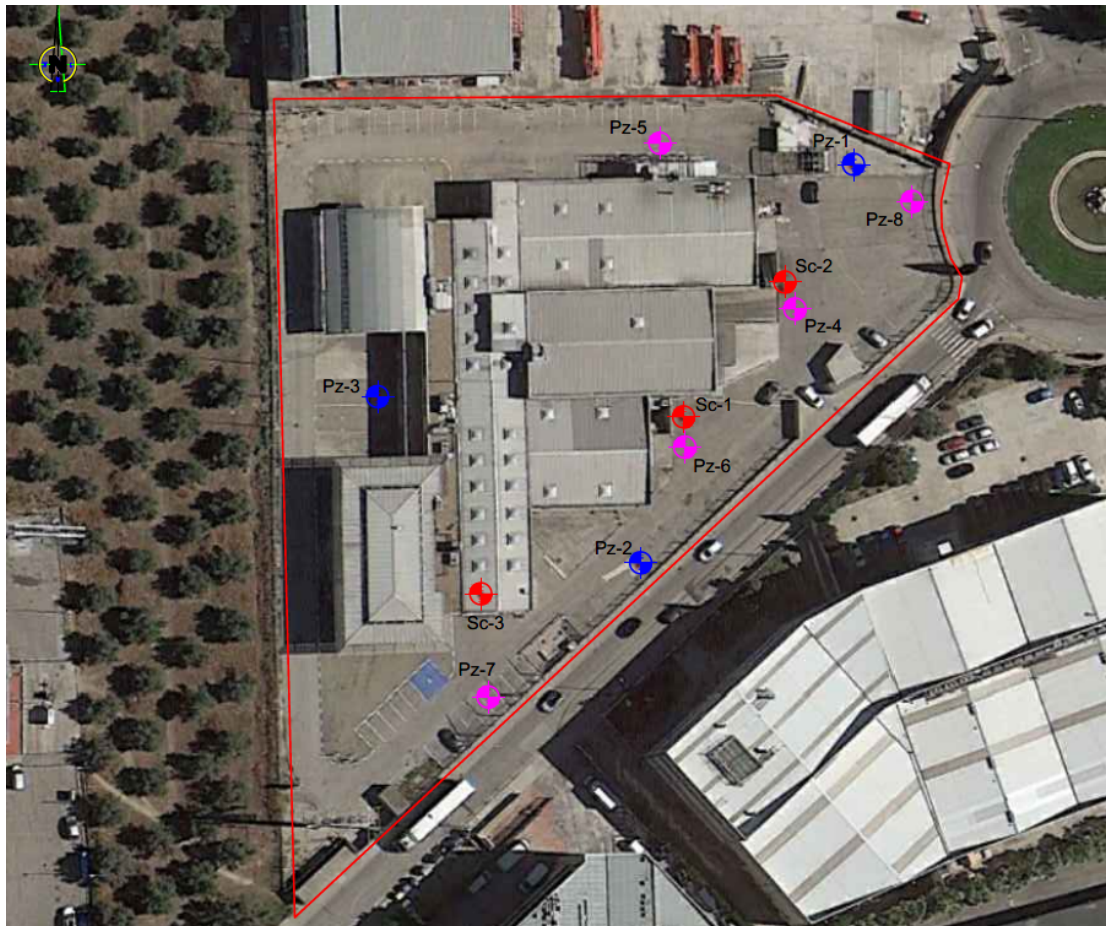


Figura 2.2 Ubicación de sondeos de investigación

Tras ejecutar las perforaciones y tomar las correspondientes muestras de suelo y agua subterránea, se procedió a su análisis en laboratorio aplicando el siguiente barrido analítico:

- Hidrocarburos totales del Petróleo C5-C10 y C10-C40 (TPHs)
- Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno (BTEX)
- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAHs)
- Bifenilos Policlorados (PCBs)
- Hidrocarburos halogenados volátiles (VHOCs)
- Pack metales pesados Comunidad de Madrid y Cromo VI (agua de la 2ª campaña)

Ref. R003-1723179COC-V02

- Contenido en arcilla, contenido materia orgánica (muestras de suelo seleccionadas)
- pH y conductividad (muestras de agua subterránea)

Los resultados analíticos obtenidos en las **muestras de suelo** analizadas muestran los siguientes elementos por encima de los criterios de referencia aplicables:

- **TPHs:** superándose el criterio de referencia establecido en 50 mg/kg en 3 de las 30 muestras de suelo analizadas con una concentración máxima de 840 mg/kg.
- **Arsénico:** superándose el criterio de referencia establecido en 40 mg/kg en 8 de las 30 muestras de suelo analizadas con una concentración máxima de 100 mg/kg.

Los resultados analíticos obtenidos en las **muestras de agua subterránea** analizadas muestran los siguientes elementos por encima de los criterios de referencia aplicables:

- **Cromo:** superándose el criterio de referencia establecido en 30 ug/l en 3 de las 7 muestras de agua subterránea analizadas con una concentración máxima de 390 ug/l. Cabe destacar que de acuerdo a las analíticas realizadas la especie mayoritaria presente en el agua subterránea es el cromo hexavalente (Cr^{VI}), incluyendo en las analíticas entre un 90 y 107 por ciento del cromo total detectado.
- **Arsénico:** superándose el criterio de referencia establecido en 60 ug/l en 1 de las 7 muestras de agua subterránea analizadas con una concentración máxima de 65 ug/l.
- **Molibdeno:** superándose el criterio de referencia establecido en 300 ug/l en 2 de las 7 muestras de agua subterránea analizadas con una concentración máxima de 470 ug/l.

A continuación se presenta una tabla con los resultados de las muestras de suelo que superan los correspondientes criterios de evaluación.

Tabla 2.1 Resultados analíticos del suelo con concentraciones sobre el nivel de referencia de (mg/kg)

Muestra	Contaminante	
	Arsénico	TPH C10 - C40
3179/Pz-1/S-1030	23	55
3179/Pz-2/S-1050	52	<20
3179/Pz-3/S-0320	69	<20
3179/SC-1/S-0430	100	<20
3179/SC-2/S-0420	83	<20
3179/SC-3/S-0080	61	<20
3179/Pz-4/S-0360	99	<20
3179/Pz-5/S-1120	15	75
3179/Pz-6/S0020	5,3	840

Ref. R003-1723179COC-V02

Muestra	Contaminante	
	Arsénico	TPH C10 - C40
3179/Pz-6/S0420	80	<20
3179/Pz-7/S0500	81	<20
NGR (mg/kg)	40	

Con el objetivo de delimitar la extensión vertical de los impactos relevantes detectados, se analizaron muestras a mayor profundidad en los puntos de investigación afectados, las cuales presentaron concentraciones por debajo del límite de detección o por debajo de NGR.

Adicionalmente, se detectaron varios PAHs por encima del nivel de detección del laboratorio para los que no existen niveles genéricos de referencia, los cuales se incluyen en la siguiente tabla.

Tabla 2.2 Resultados de las muestras de suelo (mg/kg) (sin criterios de referencia)

Muestra	Acenaftileno	Fenantreno	Benzo(ghi)perileno
3179/Pz-1/S-1030	0,69	4,60	0,83
3179/Pz-2/S-1050	<0.02	0,04	<0.02
3179/Pz-3/S-0980	<0,02	0,94	0,23
3179/Pz-6/S-0020	<0,06	0,70	0,21

A continuación se presenta una tabla con los resultados de las muestras de agua subterránea que superan los correspondientes criterios de evaluación para ambas campañas. En la primera campaña no se analizó Cr^{VI}.

Tabla 2.3 Resultados analíticos de agua subterránea con concentraciones sobre el nivel de referencia de ambas campañas (ug/l).

Muestra	Contaminante			
	Arsénico	Cromo Total	Cromo VI	Molibdeno
3179/Pz-1/W0	17	380	n.a.	20
3179/Pz-2/W0	65	120	n.a.	14
3179/Pz-3/W0	7,1	3,3	n.a.	120
3179/Pz-1/W1	2,4	390	360	22
3179/Pz-2/W1	2,9	140	150	26
3179/Pz-3/W1	5,1	<1	<2,5	470
3179/Pz-6/W1	2,5	100	97	26
3179/Pz-7/W1	3,4	<1	<2,5	390
DIV (µg/l)	60	30	-	300

Nota: n.a. (no analizado)

Ref. R003-1723179COC-V02

El análisis de los resultados obtenidos evidenció la existencia de **impactos de carácter leve por la existencia de TPH's** en suelo profundo de las antiguas áreas de uso industrial y **arsénico**, el cual podría tener un origen natural asociado al sustrato geológico.

Por otro lado, en los **materiales del relleno de Pz-6 se detectaron concentraciones de hidrocarburos superiores al valor de referencia (840 mg/kg)**. Este impacto sin embargo se localiza de forma muy somera, sin continuidad vertical ni horizontal, constituyendo un foco de afección puntual que no ha sido detectado en otras áreas del emplazamiento.

El impacto detectado por cromo y molibdeno en las **aguas subterráneas**, se encuentra distribuido por un área importante del emplazamiento por lo que se considera una alteración generalizada de las aguas subterráneas fruto de la actividad industrial de la zona. Sin embargo cabe destacar que no se tienen evidencias de que haya habido una migración de los contaminantes fuera del emplazamiento.

Se puede comprobar como las mayores concentraciones se detectan en las zonas de lavado de vehículos, zona de pinturas y separador de hidrocarburos general previo a vertido a colector. Cabe destacar que la mayor parte del cromo detectado corresponde con su especie hexavalente, lo cual será tenido en consideración en el presente ACR.

3 Modelo conceptual

El presente análisis de riesgos para la salud humana se ha fundamentado en los resultados de la investigación de la calidad del subsuelo realizada en agosto y septiembre de 2022 “*Novomotor EDD Fase II en un antiguo taller mecánico en Getafe, Madrid - R002-1723179COC-V02*”

En la medida que se han necesitado otros datos para completar el modelo conceptual, se ha recurrido a fuentes bibliográficas de reconocido prestigio, los cuales quedan recogidos en los siguientes epígrafes.

3.1 Descripción de la fuente

En este apartado se describen pormenorizadamente las fuentes de contaminación existentes y el tratamiento de las mismas dentro de la valoración de riesgos de forma que se obtengan unos resultados realistas pero partiendo de un criterio conservador que permita dar garantías sobre los resultados obtenidos.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente descrito y recogido en el Capítulo 2 del presente documento, en este caso la fuente de contaminación detectada se localiza tanto en el suelo como en las aguas subterráneas, por lo que se consideran como fuentes potenciales de riesgo, las siguientes:

- Suelo
- Agua subterránea
- Aire intersticial del subsuelo

Dado que no se dispone de muestras del aire intersticial, se aplicarán modelos de transporte de los contaminantes desde el suelo a dicho aire y de allí al aire exterior, considerando que los contaminantes se localizarán en el suelo como medio de origen en el emplazamiento.

3.1.1 Fuentes de contaminación

Con los datos obtenidos en la investigación de la calidad del subsuelo realizada, la información histórica disponible y la relativa al ejercicio de la actividad en el emplazamiento, es posible definir la existencia de varios focos de afección en subsuelo del emplazamiento ya que los resultados obtenidos en esta investigación evidenciaron la presencia de TPHs y arsénico en suelos y cromo y molibdeno en aguas subterráneas en concentraciones superiores a los criterios de referencia establecidos por el RD 9/2005 y la normativa holandesa.

A continuación se describen los distintos focos identificados:

El **Foco 1 (agua subterránea)** está constituido por la existencia de un **impacto de las aguas subterráneas por cromo y molibdeno** debido a su dispersión en varios puntos del emplazamiento. Se detectan concentraciones moderadas (hasta 390 ug/l de cromo y 470 ug/l de molibdeno), superando el nivel de referencia hasta un orden de magnitud en el caso del cromo. Este foco podría estar asociado a la percolación de ciertas sustancias contaminantes en el subsuelo desde la red de drenaje del emplazamiento y zona de pinturas. Cabe destacar que de acuerdo a las analíticas realizadas la especie mayoritaria presente en el agua subterránea es el cromo hexavalente (Cr^{VI}), incluyendo en las analíticas entre un 90 y 107 por ciento del cromo total detectado. Por tanto, siguiendo un criterio conservador, se contemplará que todo el cromo en disolución es su especie hexavalente.

Así mismo, en este foco de agua subterránea se ha detectado la existencia de ligeras concentraciones de arsénico que se consideran asociadas al terreno natural.

El **Foco 2 (suelo superficial)** está constituido por la existencia de un **impacto puntual moderado por TPH's en el relleno de Pz-6** el cual consistía en una alteración del color y olor en una franja muy concreta del terreno localizada por debajo de la solera y hasta 0,4 metros. Por tanto se considera como un impacto muy puntual ya que no fue detectado durante la perforación del resto de sondeos y presentaba una limitada extensión vertical y horizontal.

El **Foco 3 (suelo profundo)** está constituido por la existencia de un **impacto de baja entidad por TPH's en suelo profundo** a la altura de la franja de oscilación del nivel freático en Pz-1 y Pz-5. Constituye un impacto muy puntual debido a las bajas concentraciones detectadas de 55 y 75 mg/kg. Se considera que se puede relacionar con la franja de oscilación del nivel freático, correspondiente al terreno comprendido entre los 9 y los 11 metros.

Por otro lado, conviene señalar el hecho de que los resultados analíticos mostraron la existencia de concentraciones de **arsénico** por encima del nivel de referencia establecido en la legislación autonómica de 40 mg/kg. Se detectaron concentraciones por encima de este valor en 8 de las 30 muestras analizadas. La máxima concentración detectada fue de 100 mg/kg, siendo la concentración media de las muestras sobre el nivel de referencia de 78 mg/kg, la cual se encuentra por encima del NGR establecido.

La dispersión de estas concentraciones en el emplazamiento presenta una distribución general sin patrones espaciales desde el punto de vista de la profundidad, ni de la distribución en planta de las mismas. Teniendo en cuenta la actividad del emplazamiento, la homogeneidad en el rango de concentraciones obtenido y su elevada dispersión, se considera que las concentraciones detectadas no están asociadas a la actividad industrial realizada y podrían relacionarse con la naturaleza del sustrato geológico.

Además existe una cuestión que es preciso aclarar y que podría estar relacionada con su presencia en el emplazamiento. Las características geológicas y litológicas de los suelos de la Comunidad de Madrid hacen que las concentraciones de este metal presentes en suelo puedan ser superiores a las de otros lugares de la geografía española, resultando un valor de fondo del Arsénico más elevado.

Mediante un convenio de colaboración entre la Comunidad de Madrid (Consejería de Medio Ambiente) y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) para la realización de trabajos en materia de suelos contaminados, y en el marco del Plan Regional de Actuaciones en Materia de Suelos Contaminados de la Comunidad de Madrid, se llevó a cabo en 2001 por parte del IGME el documento “*Determinación de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia de Metales Pesados en suelos de la Comunidad de Madrid*” en el que se establecen las Unidades Tipo de suelo de esta comunidad y los Valores de Fondo de metales pesados que aplican a cada una de ellas.

La parcela objeto de este estudio se localiza en la “**Unidad Tipo 3 – Arcosas**” y el documento de referencia establece como valor de fondo para el arsénico la concentración que se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla 3.1 Valor de fondo en suelo de la Comunidad de Madrid (unidad tipo 3 – Arcosas)

Compuesto	Valores de fondo (mg/kg)
	Unidad tipo 3
Arsénico	50

Destacar que las concentraciones de fondo existentes en la unidad sobre la que se sitúa el emplazamiento constituye un valor superior al NGR para uso industrial del arsénico que son 40 mg/kg.

En base a todo lo anteriormente descrito y al hecho de que en todas las muestras se detectan concentraciones de arsénico dentro del mismo orden de magnitud, se considera que en este caso la presencia de Arsénico en el emplazamiento tiene un origen natural y no se tendrá en cuenta en los cálculos de riesgo del modelo.

A pesar de todo lo referido, con el fin de conocer el efecto en el nivel de riesgo del emplazamiento que pudiera tener la presencia de arsénico, se ha llevado a cabo la cuantificación del riesgo asociado al mismo en el “Análisis de sensibilidad” incluido en el epígrafe 4.5 de este documento, en el cual se aportan así mismo las conclusiones derivadas de dicho análisis en cuanto a la gestión del riesgo. Esta valoración se llevará a cabo en aquellas situaciones en la que exista contacto con el suelo afectado ya que se trata de un compuesto no volátil por lo que en zonas pavimentadas no habría vía de contacto activa entre medio y receptor.

Así, con los datos obtenidos en la investigación realizada y en base al análisis de los impactos evidenciados descrito más arriba, se considera presente análisis de riesgos la existencia de **tres focos** históricos de afección en el emplazamiento asociados a las actividades industriales desarrolladas y cuyas características se recogen a continuación:

Tabla 3.2 Identificación de focos de afección en el emplazamiento

Nº de Foco	Medio afectado	Principales contaminantes implicados	Puntos de muestreo afectados	Espesor de terreno impactado / prof. agua	Concentración máxima
1	Aguas subterráneas	Cromo Molibdeno	Pz-1, Pz-2, Pz-4, Pz-5, Pz-6, Pz-7 y Pz-8	A 10,2 metros de profundidad	380 µg/l 472,2 µg/l
2	Suelo superficial	TPHs	Pz-6	De 0,1 a 0,4 metros de profundidad	840 mg/kg
3	Suelo profundo	TPHs	Pz-1 y Pz-5	De 9 a 11 metros de profundidad	75 mg/kg

3.1.2 Contaminantes de interés (COCs)

Se seleccionan para la valoración de riesgos en cada uno de los focos identificados aquellos contaminantes que durante las etapas anteriores de investigación han cumplido el siguiente requisito:

Se incluirán en el análisis de riesgos como contaminantes de interés todos los compuestos que se hayan detectado en los resultados analíticos, independientemente de que superen o no su respectivo NGR.

Se descartarán aquellos compuestos que aun superando el límite de detección se encuentren en bajas concentraciones y escasa frecuencia (concentración inferior al 50% de su NGR y aparición en menos del 5% de las muestras).

De acuerdo a los futuros usos previstos para el emplazamiento, se ha realizado la valoración de los resultados analíticos teniendo en cuenta el uso industrial del emplazamiento y en los siguientes apartados se establecen los COCs de los tres focos identificados en el emplazamiento.

3.1.2.1 Contaminantes de interés en Foco 1- agua subterránea

La siguiente tabla recoge los COCs identificados en el Foco 1:

Tabla 3.3 Contaminantes de interés en agua subterránea ($\mu\text{g/l}$) en Foco 1

Contaminante	Seleccionado como COC	Máximo detectado	DIV (50%)	Criterio
arsénico	Si	65	30	Se supera el DIV
cromo	Si	390	15	Se supera el DIV
molibdeno	Si	470	150	Se supera el DIV
manganeso	Si	1.100	-	Sin valor de referencia
antimonio	No	2,5	10	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV
bario	No	82	312,5	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV
berilio	No	2,2	7,5	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV
cobalto	No	17	50	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV
cobre	No	23	37,5	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV
plomo	No	36	37,5	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV
níquel	No	17	35,5	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV
selenio	No	8,3	80	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV
estaño	No	5,9	25	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV
vanadio	No	30	35	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV
zinc	No	41	400	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV
benceno	No	0,34	15	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV
tolueno	No	0,32	500	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV
xilenos	No	0,46	35	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV
naftaleno	No	0,11	35	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV
fenantreno	No	0,03	2,5	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV
PCE	No	1,3	20	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV
Cloroformo	No	11	200	Supera nivel de detección, pero no la mitad del DIV

3.1.2.2 Contaminantes de interés en Foco 2 – Suelo superficial

La siguiente tabla recoge los COCs identificados en el Foco 2:

Tabla 3.4 Contaminantes de interés en suelo (mg/kg) en Foco 2

Contaminante	Seleccionado como COC	Máximo detectado	NGR (50%) industrial	Criterio
TPHs	Si	840	25	Superación de valor de referencia
manganeso	Si	19000	16950	Supera nivel de detección, la mitad del NGR y aparición superior al 5% de las muestras
fenantreno	Si	0,7	-	Sin valor de referencia
benzo(ghi)perileno	Si	0,21	-	Sin valor de referencia
antimonio	No	1,2	40	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
bario	No	1100	50000	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
berilio	No	5,7	6,5	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
cadmio	No	0,7	150	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
cromo	No	860	1150	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
cobalto	No	24	750	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
cobre	No	130	4000	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
mercurio	No	0,07	7,5	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
plomo	No	57	1350	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
molibdeno	No	24	750	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
níquel	No	27	7800	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
selenio	No	2,8	1950	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
talio	No	0,73	15	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
estaño	No	13	50000	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
vanadio	No	370	1850	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
zinc	No	430	50000	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
tolueno	No	0,06	50	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
acenafteno	No	0,07	50	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
fluoreno	No	0,14	50	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
antraceno	No	0,18	50	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
fluoranteno	No	0,91	50	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
pireno	No	0,57	50	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
benzo(a)antraceno	No	0,33	10	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
criseno	No	0,33	50	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
benzo(b)fluoranteno	No	0,43	10	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
benzo(k)fluoranteno	No	0,19	50	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
benzo(a)pireno	No	0,3	1	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
indeno(1,2,3-cd)pireno	No	0,2	15	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
PCB's	No	0,01	0,4	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR

3.1.2.3 Contaminantes de interés en Foco 3 - suelo profundo

La siguiente tabla recoge los COCs identificados en el Foco 3:

Tabla 3.5 Contaminantes de interés en suelo (mg/kg) en Foco 3

Contaminante	Seleccionado como COC	Máximo detectado	NGR (50%) industrial	Criterio
TPHs	Si	75	25	Superación de valor de referencia
benzo(a)pireno	Si	1,5	2	Supera nivel de detección, la mitad del NGR y aparición superior al 5% de las muestras
acenaftileno	Si	0,69	-	Sin valor de referencia
fenantreno	Si	4,6	-	Sin valor de referencia
benzo(ghi)perileno	Si	0,83	-	Sin valor de referencia
bario	No	230	50000	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
berilio	No	2.6	6.5	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
cadmio	No	0.47	150	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
chromo	No	21	1150	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
cobalto	No	59	750	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
cobre	No	31	4000	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
mercurio	No	0.23	7.5	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
plomo	No	23	1350	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
manganeso	No	640	16950	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
molibdeno	No	11	750	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
níquel	No	12	7800	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
selenio	No	1.6	1950	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
talio	No	0.63	15	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
estaño	No	5.3	50000	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
vanadio	No	46	1850	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
zinc	No	81	50000	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
naftaleno	No	0.75	5	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
acenafteno	No	0.35	50	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
fluoreno	No	1.2	50	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
antraceno	No	2	50	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
fluoranteno	No	4.4	50	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
pireno	No	3.3	50	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
benzo(a)antraceno	No	1.6	10	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
criseno	No	1.4	50	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
benzo(b)fluoranteno	No	1.6	10	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
benzo(k)fluoranteno	No	0.68	50	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
dibenzo(a,h) antraceno	No	0.21	1.5	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR
indeno(1,2,3-cd)pireno	No	0.88	15	Supera nivel de detección, pero no la mitad del NGR

3.1.3 Concentraciones representativas

De cara a asignar una concentración representativa a cada uno de los contaminantes seleccionados de acuerdo a lo especificado anteriormente, se ha considerado la utilización de la concentración máxima detectada para cada uno de los contaminantes en los focos identificados manteniendo el criterio conservador aplicado a todo el modelo conceptual.

Estas concentraciones máximas están recogidas en las tablas anteriores de selección de contaminantes de interés y se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 3.6 Contaminantes de interés y concentraciones representativas de suelo (mg/kg) y agua subterránea (µg/l)

Foco	Matriz	Contaminante de interés	Concentración representativa	Punto de muestreo
1	Agua subterránea	arsénico	65	Pz-2
		cromo	390	Pz-1
		molibdeno	470	Pz-3
2	Suelo superficial	TPHs	840	Pz-6
		manganeso	19.000	Pz-2
		fenantreno	0,7	Pz-6
		benzo(ghi)perileno	0,21	Pz-6
3	Suelo profundo	TPHs	75	Pz-5
		benzo(a)pireno	1,5	Pz-1
		acenaftileno	0,69	Pz-1
		fenantreno	4,6	Pz-1
		benzo(ghi)perileno	0,83	Pz-1

Para poder evaluar los efectos de los **TPHs** sobre la salud humana es preciso contar con una analítica específica que separe este grupo de contaminantes en función de su naturaleza en alifáticos o aromáticos y determinación posterior de subgrupos determinados según su número de átomos de carbono. De esta forma se le aplican a cada fracción de alifáticos o aromáticos las distintas dosis toxicológicas apropiadas para el cálculo en función de lo establecido en estudios específicos realizados por entidades de referencia.

En la siguiente tabla se recogen las distintas fracciones presentes en la muestra sobre la que se realizó la analítica específica, la correspondiente al suelo superficial (Pz-6). En el caso del suelo profundo, no se realizó dicha analítica y se procedió a la duplicación de las fracciones presentes en la muestra de TPHs totales siguiendo un enfoque conservador.

Tabla 3.7 Fracciones de hidrocarburos recogidos en las muestras de suelo (mg/kg) en Foco 2 y 3

Parámetro	Unidad	Foco 2	Foco 3
		3179/Pz-6/S-0020	3179/Pz-5/S-1120
fracción aromática >C5-C7	mg/kg	-	-
fracción aromática >C7-C8	mg/kg	-	-
fracción aromática >C8-C10	mg/kg	-	-

Parámetro	Unidad	Foco 2	Foco 3
		3179/Pz-6/S-0020	3179/Pz-5/S-1120
fracción aromática >C10-C12	mg/kg	-	-
fracción aromática >C12-C16	mg/kg	-	-
fracción aromática >C16-C21	mg/kg	10	5,7
fracción aromática >C21-C35	mg/kg	350	70
fracción alifática >C5-C6	mg/kg	-	-
fracción alifática >C6-C8	mg/kg	-	-
fracción alifática >C8-C10	mg/kg	-	-
fracción alifática >C10-C12	mg/kg	-	-
fracción alifática >C12-C16	mg/kg	-	-
fracción alifática >C16-C21	mg/kg	-	5,7
fracción alifática >C21-C35	mg/kg	280	70

(-): menor que el límite de detección

Finalmente, a modo de resumen, en la siguiente tabla se recogen las concentraciones representativas utilizadas para el análisis de riesgos en cada uno de los focos considerados así como los puntos de investigación empleados para el cálculo de las mismas.

Tabla 3.8 Resumen de la definición de los focos existentes y concentraciones representativas (mg/kg y µg/l)

Nº Foco	Matriz	Sondeos	Espesor (m)	Contaminantes	Concentración representativa
Foco 1	Agua subterránea	Pz-1	-	arsénico	65 µg/l
		Pz-2		cromo	390 µg/l
		Pz-3		molibdeno	472,2 µg/l
		Pz-6		manganeso	1100 µg/l
Foco 2	Suelo superficial	Pz-2 Pz-6	0,3	TPH aromático >C16-C21	10 mg/kg
				TPH aromático >C21-C35	350 mg/kg
				TPH alifático >C21-C35	280 mg/kg
				manganeso	19.000 mg/kg
				fenantreno	0,7 mg/kg
				benzo(ghi)perileno	0,21 mg/kg
Foco 3	Suelo profundo	Pz-1 Pz-5	2,0	TPH aromático >C16-C21	5,7 mg/kg
				TPH aromático >C21-C35	70 mg/kg
				TPH alifático >C16-C21	5,7 mg/kg
				TPH alifático >C21-C35	70 mg/kg
				benzo(a)pireno	1,5 mg/kg
				acenaftileno	0,69 mg/kg
				fenantreno	4,6 mg/kg
				benzo(ghi)perileno	0,83 mg/kg

3.2 Descripción del medio

El emplazamiento se encuentra ubicado en la localidad de Getafe, al sur de la Comunidad de Madrid, en una zona con usos mayoritariamente industriales. Las coordenadas aproximadas son: (ETRS89 - Huso 30) UTM X: 441 328 y UTM Y: 4 462 123 y se encuentra a una altitud de aproximadamente 614 m sobre el nivel del mar.

A nivel regional, de acuerdo con el Mapa Geológico MAGNA 50-580 (Getafe) publicado por el IGME (Instituto Geológico y Minero de España), la parcela está situada en la Cuenca de Madrid, una pequeña zona dentro de la Depresión del Tajo. Compuesta por materiales evaporíticos en la zona central y detríticos en los bordes con una zona de transición entre ellas.

En la zona del emplazamiento, la geología local está compuesta por yesos, yesos masivos y especulares y margas yesíferas del Mioceno. A 1,5 kilómetros al oeste del emplazamiento se encuentran reniscas feldespáticas también de edad Miocena.

A partir de la información recopilada durante la campaña de prospecciones ejecutada, el perfil litológico registrado durante la realización de los sondeos, se confirmó la existencia de los materiales recogidos en la bibliografía, identificándose los siguientes materiales:

- De 0,0 a 0,10/ 0,50 m.b.n.s.: hormigón o asfalto;
- De 0,10/ 0,50 a 0,30/ 1,30 m.b.n.s.: material de relleno;
- De 0,30/ 1,30 – fin de sondeo: Arenas/ limos/ arcillas con alguna grava y/o yesos.

Para la modelización, siguiendo un enfoque conservador se considerará el medio como arenas que constituye el medio más permeable y por tanto más conservador en para el cálculo de los riesgos.

La red hidrográfica básica de la zona se enmarca en la Cuenca Hidrográfica del Tajo, específicamente en la subcuenca del río Jarama y dentro de ésta a la subcuenca del Río Manzanares, encontrándose éste a unos 3 kilómetros en dirección Este del emplazamiento.

Respecto a la hidrogeología regional, según el Mapa Hidrogeológico de España 1.200.000 (hoja 45 - IGME), el emplazamiento se sitúa sobre formaciones detríticas y cuaternarias de permeabilidad media. Regionalmente, se espera que las aguas subterráneas fluyan aproximadamente hacia el este, hacia el río Manzanares.

De acuerdo a la información recabada durante las campañas de investigación, siete de los ocho piezómetros instalados en el emplazamiento acumulan agua subterránea. No obstante, no se considera que a priori los niveles freáticos detectados en Pz-3 y en Pz-7 estén hidráulicamente conectados a los restantes puntos de investigación, dada la profundidad y comportamiento hidráulico observado durante el desarrollo del mismo, presentando una capacidad de recuperación y volumen de agua extraíble mucho menor que en los demás piezómetros.

Ref. R003-1723179COC-V02

Considerando los datos, se estima un flujo local de agua subterránea con dirección hacia el suroeste con gradiente hidráulico muy bajo. Se tomará para la modelización el valor medio de los niveles detectados en el emplazamiento para los piezómetros hidráulicamente conectados, siendo este de 10,2 metros.

De acuerdo con información pública disponible (IGME y Confederación Hidrográfica del Tajo) no existen puntos de extracción de agua en los alrededores cercanos del emplazamiento. Los pozos más cercanos se encuentran a 750 metros en dirección oeste, junto a una zona residencial. Hacia el este (aguas abajo regional) se localiza un pozo excavado a 765 m aproximadamente de uso desconocido. Por tanto no se considera la existencia de usos del agua subterránea en el emplazamiento ni en los alrededores inmediatos.

Respecto al contenido de materia orgánica del suelo, los análisis de laboratorio realizados en 2 muestras de suelo han determinado que el contenido en materia orgánica medio es de 7,05 mg/kg.

En base a la Guía de evaluación de riesgos para salud humana en suelos potencialmente contaminados de la Junta de Andalucía (2019), si se dispone del contenido en materia orgánica, el Carbono Orgánico en suelo puede calcularse indirectamente mediante la siguiente expresión:

$$Foc = 0,58 * \frac{Mat. Org. (\%)}{100}$$

Teniendo en cuenta los resultados de materia orgánica mencionados anteriormente, el contenido medio en Carbono Orgánico en suelo sería de **0,04** (en tanto por uno).

3.2.1 Medios de contacto con los receptores

Según la caracterización realizada existen varios medios de contacto entre los potenciales receptores y los contaminantes detectados:

- El **aire exterior** puede verse afectado ya que los contaminantes presentes en el suelo pasan al aire intersticial del suelo volatilizándose y de ahí al aire exterior que respira el receptor en la superficie (contacto mediante inhalación en ambiente exterior).
- El **aire interior** puede verse afectado a través de la intrusión de vapores a espacios interiores ya que los contaminantes presentes en el suelo y del agua subterránea pasan al aire intersticial del suelo volatilizándose y de ahí al aire del interior de los edificios que respira el receptor (contacto mediante inhalación en ambiente interior).
- El contacto directo con el **suelo** afectado también podría producirse en aquellas zonas del emplazamiento que no se encuentran pavimentados o en caso de trabajos de movimiento de tierras asociados a futuros desarrollos.

3.3 Descripción de los receptores

A continuación se describen los usos que se localizan en los alrededores del emplazamiento y se presentan en la siguiente imagen:

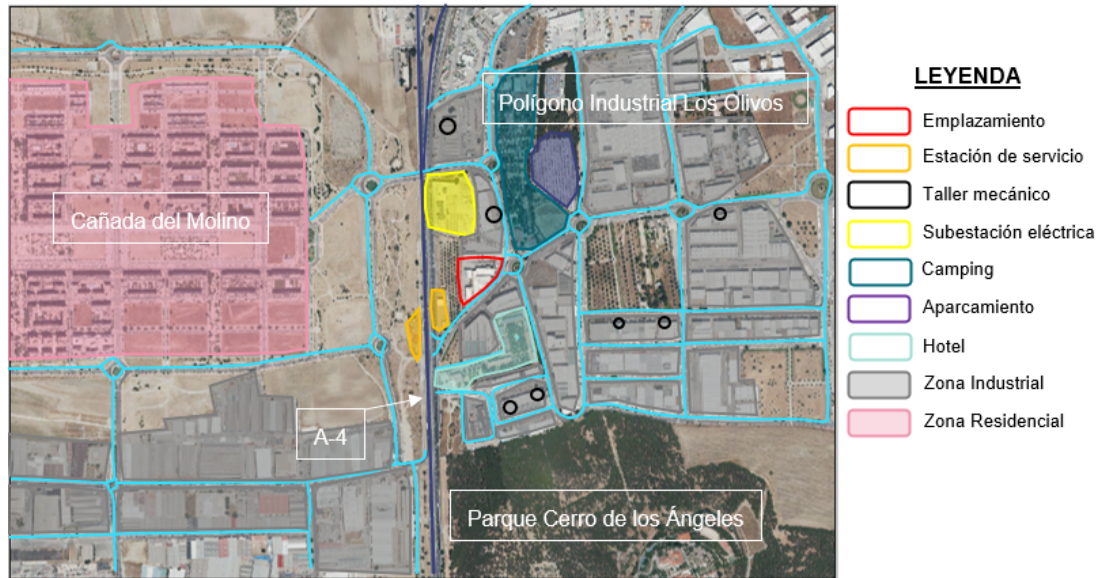


Figura 3.1 Usos del suelo en los alrededores del emplazamiento.

- **Norte:** Adyacente al emplazamiento se localiza una compañía dedicada al servicio de transportes. A 50 m se encuentra la Subestación Eléctrica de Getafe, y a unos 250 m un concesionario de camiones con taller incluido. Hacia el noreste, a menos de 50 m, se identifica un camping junto a un aparcamiento en superficie. Más allá se observan otras industrias y comercios dentro del área industrial.
- **Este:** Toda la zona al este del emplazamiento está ocupada por naves e industrias pertenecientes al polígono industrial Los Olivos, exceptuando una zona de cultivo situada a unos 250 m. Tres talleres mecánicos se localizan a 300 m, 400 m y unos 500 m desde la parcela.
- **Oeste:** La parcela colindante se dedica a usos agrícolas. A unos 100 m se encuentra una zona usada como estación de servicio atravesada por la carretera A-4. Cruzando los terrenos en desuso adyacentes a la carretera, se localiza una amplia zona residencial, La Cañada del Molino.
- **Sur:** Cruzando la calle Progreso, a unos 100 m se encuentra un hotel. A unos 200 m desde el emplazamiento se localizan dos talleres de pequeño tamaño. A unos 450 m se encuentra la zona verde del Cerro de los Ángeles. Asimismo, hacia el sureste se localizan más instalaciones industriales y comerciales dentro del polígono.

Teniendo en cuenta los usos circundantes y los medios afectados, no existen potenciales receptores sensibles de la contaminación existente en el entorno inmediato del emplazamiento y, en todo caso, la evaluación de los planteados en el interior del ámbito es más conservadora, por lo que no se considera necesaria la inclusión de receptores off-site en el presente ACR.

En base al tipo de afección detectada, distribuida de forma homogénea en el emplazamiento, y a la limitada magnitud de los impactos, los potenciales receptores a considerar serán futuros usuarios del emplazamiento (trabajadores de las zonas comerciales y de oficinas, así como los usuarios de las mismas y de las zonas verdes) u los trabajadores de la construcción del futuro desarrollo.

3.3.1 Descripción de los receptores

En base a la información recopilada y expuesta anteriormente, el receptor principal seleccionado para ser incluido en el análisis de riesgos es el trabajador de los futuros usos del emplazamiento que desarrolle su actividad en el emplazamiento y que a niveles de riesgo será tratado como un receptor industrial.

Este trabajador estaría expuesto tanto en ambiente interior como en exterior y su exposición sería mayor que la de cualquier usuario que pudiera valorarse por lo que estos usuarios no se tendrán en cuenta de manera independiente. La valoración del riesgo de los trabajadores englobaría la de los usuarios al ser más conservadora que ésta última.

Los potenciales receptores se clasificarían de la siguiente manera:

- **Trabajador industrial en ambiente interior** asociado a los trabajadores de las potenciales actividades industriales que pudieran instalarse en el emplazamiento y que desarrollen su jornada de trabajo completa a tareas en el interior de los edificios.
- **Trabajador industrial en ambiente exterior** asociado a los trabajadores de las potenciales actividades industriales que pudieran instalarse en el emplazamiento que dediquen su jornada de trabajo completa a tareas en el exterior.
- **Trabajador de la construcción** asociado a los futuros trabajos de excavación que se puedan producir durante el redesarrollo del emplazamiento.

Finalmente, el análisis de riesgos se llevará a cabo teniendo en cuenta las siguientes premisas:

- No se llevan a cabo acciones de remediación en el emplazamiento y los focos son de carácter estático, por lo que se considera que *no siguen aportando contaminantes al medio*.
- No se va a realizar ningún uso del agua subterránea bajo el emplazamiento y por lo tanto no se prevé contacto directo con la misma en ningún caso.

Ref. R003-1723179COC-V02

- Las condiciones de riesgo se evaluarán de forma pormenorizada para el potencial **uso industrial** del emplazamiento. Los receptores a tener en cuenta son los futuros trabajadores del emplazamiento y los trabajadores de la construcción.

Las vías de exposición relevantes para estos receptores potenciales son:

- la inhalación de volátiles tanto en exteriores como en interiores
- el contacto directo con el suelo en el caso de los trabajadores de la construcción (contacto dérmico, ingestión accidental e inhalación de partículas).

Las vías de exposición relevantes para estos receptores potenciales se especifican en la siguiente tabla:

Tabla 3.9 Vías de exposición para los distintos usos futuros

Usos futuros - receptores	Vías de exposición
Trabajadores en ambiente interior (uso industrial)	Inhalación de volátiles en ambiente interior
Trabajadores en ambiente exterior (uso industrial)	Inhalación de volátiles en ambiente exterior
Trabajadores de la construcción	Inhalación de volátiles en ambiente exterior
	Inhalación de partículas en exteriores
	Contacto dérmico con el suelo
	Ingestión accidental de suelo

3.4 Escenarios de exposición

Teniendo en cuenta todas las premisas anteriores, se definen los siguientes escenarios para los que se evaluará el riesgo en el emplazamiento:

- **Escenario 1 – Trabajador industrial en ambiente interior:** Dentro de este escenario se evaluarán los trabajadores industriales del emplazamiento localizados en las edificaciones ubicadas sobre los focos de contaminación detectados, siendo la vía de exposición contemplada la inhalación de volátiles en interior. Los compuestos de interés y concentraciones son las recogidas en Focos 1 y 3.
- **Escenario 2 – Trabajador industrial en ambiente exterior:** Dentro de este escenario se evaluarán los trabajadores industriales del emplazamiento localizados en el exterior sobre los focos de contaminación detectados, siendo la vía de exposición contemplada la inhalación de volátiles en exteriores. Los compuestos de interés y concentraciones son las recogidas en Focos 1, 2 (suelo superficial detectado puntualmente) y 3.
- **Escenario 3 – Trabajador de la construcción:** Con este escenario se valorarán los riesgos para un potencial trabajador de la construcción que intervenga en las actuaciones asociadas al futuro desarrollo del emplazamiento sobre el foco de contaminación detectado, siendo las

vías de exposición contempladas la inhalación de volátiles en ambiente exterior, la inhalación de partículas, el contacto dérmico y la ingestión accidental con el suelo afectado. Los compuestos de interés y concentraciones son las recogidas en Focos 1, 2 y 3. Se considera que la fase de movimiento de tierras durará 2 meses.

Las principales características y el desglose de los distintos escenarios se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 3.10 Resumen y desglose de los distintos escenarios de exposición contemplados para el futuro desarrollo

Nº	Fuente / Uso	Medio		Ruta de exposición	Receptor	Contaminantes implicados
		S	A			
Escenario 1 Trabajador en ambiente interior						
1	On-site Industrial	✓	✓	Inhalación volátiles en interiores	Trabajador de uso futuro	-Foco 1: arsénico, cromo, molibdeno y manganeso -Foco 3: TPHs, benzo(a)pireno, acenaftileno, fenantreno y benzo(ghi)perileno
Escenario 2 Trabajador en ambiente exterior						
2	On-site Industrial	✓	✓	Inhalación volátiles en exteriores	Trabajador de uso futuro	-Foco 1: arsénico, cromo, molibdeno y manganeso -Foco 2: TPHs, manganeso, fenantreno y benzo(ghi)perileno -Foco 3: TPHs, benzo(a)pireno, acenaftileno, fenantreno y benzo(ghi)perileno
Escenario 3 Trabajador en ambiente exterior - Trabajador de la construcción						
3	On-site Industrial	✓	✓	Inhalación volátiles en exteriores Inhalación de partículas Contacto dérmico Ingestión accidental	Trabajador de la construcción	-Foco 1: arsénico, cromo, molibdeno y manganeso -Foco 2: TPHs, manganeso, fenantreno y benzo(ghi)perileno -Foco 3: TPHs, benzo(a)pireno, acenaftileno, fenantreno y benzo(ghi)perileno
Nota: S: Suelo A: Agua						

4 Valoración de riesgos

Con los datos recopilados en la fase de investigación y caracterización, y asumiendo las premisas expuestas en el modelo conceptual, se ha llevado a cabo el análisis de riesgos para los escenarios ya mencionados. Este análisis de riesgos se ha estructurado en etapas sucesivas, tal como se expone a continuación.

4.1 Análisis de la toxicidad

4.1.1 Efectos asociados a los contaminantes

Según el efecto que puede tener un contaminante para la salud humana y/o los ecosistemas, éstos se distinguen entre compuestos con efectos cancerígenos y compuestos con efectos sistémicos.

Los compuestos cancerígenos causan un efecto adverso sobre órganos o tejidos, alterando el material genético y provocando procesos tumorales o cáncer. No existe ningún umbral de exposición por debajo del cual no se produzcan dichos efectos.

Los compuestos con efectos sistémicos o tóxicos causan un efecto adverso de cualquier tipo sobre órganos y tejidos. Se caracterizan por que en este caso sí que existe un umbral de exposición por debajo del cual no se producen dichos efectos.

En el presente análisis de riesgos un compuesto se ha considerado como cancerígeno siempre que se haya determinado para el mismo un “factor pendiente” o un “factor de riesgo unidad”.

4.1.2 Características toxicológicas de los contaminantes

Los datos toxicológicos de los contaminantes introducidos en el modelo de cálculo del programa RBCA han sido actualizados en la fecha de realización del presente ACR accediendo a la web de acceso a la **base de datos RAIS** (Risk Assessment Information System. Toxicity Profiles. Department of Energy – DOE), que se actualiza automáticamente con datos de toxicidad que **proviene fundamentalmente de la US-EPA** (United States Environmental Protection Agency) a partir de:

- la base de datos **IRIS** (Integrated Risk Information System, desarrollada por el organismo National Center for Environmental Assessment).
- **CalEPA** (agencia ambiental de California)
- **OPP** (Office of Pesticide Programs, USEPA)
- los borradores y anexo de la **ATSDR** (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services).
- los **PPRTV** (Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values, US-EPA) retirados
- los valores extraídos de la base de datos **HEAST** (Health Effects Assessment Summary Tables) del organismo Office of Research and Development.

Ref. R003-1723179COC-V02

En ausencia de datos toxicológicos, tanto de su potencial carcinogénico como tóxico, se han consultado y añadido datos extraídos de la base de datos de la norma Texas Risk Reduction Program (30 TAC 350), del organismo Texas Commission on Environmental Quality, agencia medioambiental del estado de Texas (EE.UU.).

En ausencia de datos de las fuentes anteriores, se han empleado los procedentes de Holanda ("Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/Sediment and Groundwater", Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. **RIVM report** 711701023. February 2001) o del Reino Unido (Department for Environment, Food and Rural Affairs. Environment Agency).

Para las fracciones de TPH alifáticas C5 a C16 se consideran las dosis toxicológicas de referencia para inhalación indicadas por el **TPHCWG** (Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group) que se presentan en el Volumen 4 "Development of Fraction Specific Reference Doses (RfDs and Reference Concentrations (RfCs) for Total Petroleum Hydrocarbons (TPH)" de la serie: "Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series".

Teniendo en cuenta lo anterior y manteniendo una postura conservadora en la gestión del riesgo, en el caso que nos ocupa los únicos contaminantes considerados como cancerígenos son el cromo VI, arsénico y benzo(a)pireno.

Los parámetros recopilados son las dosis de referencia (RfD), indicadores del umbral de admisibilidad para contaminantes sistémicos, y los factores pendiente (SF), que describen la relación dosis-respuesta para contaminantes cancerígenos y se adjuntan en el **Anexo 1**.

4.2 Análisis de exposición

Para llevar a cabo el análisis de la exposición se ha empleado la aplicación informática *RBCA Tool Kit for Chemical Releases (Groundwater Services, 1998)*, basada en la metodología desarrollada en el documento "*Standard Guide for Risk-Based Corrective Action*" – ASTM E-2081-00 (ASTM, 2004), desarrollada por la institución American Society for Testing and Materials (ASTM).

Este programa realiza el análisis de riesgos de un emplazamiento valorando los siguientes aspectos:

- Concentración de los contaminantes en los puntos de exposición
- Dosis/concentraciones ingeridas
- Nivel de riesgo para cada contaminante y cada vía de exposición seleccionada
- Nivel de riesgo para el conjunto de contaminantes y vía seleccionada
- Valores residuales admisibles (SSTL, Site Specific Target Level) de cada contaminante, que hacen que, individualmente, el riesgo potencial para la salud humana, se sitúe en un nivel aceptable.

- Valores residuales admisibles de cada contaminante, que hacen que, conjuntamente, el riesgo potencial para la salud humana, se sitúe en un nivel aceptable.

4.2.1 Modelos de transporte

Para calcular las ingestas de contaminantes para cada receptor se requiere información sobre las características de los medios afectados y del emplazamiento en cuestión, los cuales se han intentado aproximar lo máximo posible a la situación real.

La aplicación utilizada para el cálculo de riesgo (*RBCA 2.6*) incorpora modelos contrastados para cuantificar el transporte y la transferencia de contaminantes en los medios de contacto.

Dichos modelos estiman las concentraciones transferidas a partir de las concentraciones en la fuente (Tabla 3.8) utilizando este valor para el cálculo de riesgo de forma que se apliquen las condiciones más desfavorables.

Estos modelos de transporte se pueden dividir entre:

- los que suponen una transferencia de contaminantes entre dos medios distintos: por ejemplo, volatilización desde el suelo al aire
- los que simplemente suponen un transporte y dilución de un contaminante en el mismo medio: por ejemplo, el transporte de contaminantes en aire o en el agua subterránea.

En el primer caso, el modelo de transporte se emplea para el cálculo de un factor de transferencia entre los dos medios (llamado genéricamente *Cross-Media Transfer Factor*) con el que calcular, posteriormente, la concentración de contaminantes en el punto de exposición a partir de la concentración inicial en el medio.

En el segundo caso, el modelo de transporte se emplea para el cálculo de un factor de transporte (llamado genéricamente *Lateral Transport Factor*), el cual se aplica a la concentración de contaminantes en un punto dado (que representará el foco de afección), para predecir la concentración que habrá a una cierta distancia de dicho punto (que representará el receptor).

El modelo de transporte utilizado para la cuantificación de la volatilización desde el suelo, procedente de *RBCA Tool Kit for Chemical Releases (Groundwater Services, 1998)*, ha sido el modelo Johnson & Ettinger.

El modelo de Johnson & Ettinger, se emplea para la estimación de la volatilización de contaminantes desde el subsuelo y desde las aguas subterráneas hacia el aire, tanto en espacios cerrados como en espacios abiertos.

Este modelo, calcula un factor de transferencia denominado específicamente “Factor de volatilización”. En sus cálculos, utiliza una serie de asunciones con el fin de obtener niveles de riesgo suficientemente conservativos. Estas asunciones son las siguientes:

Ref. R003-1723179COC-V02

- Para compuestos con baja volatilidad, se asume una fuente contaminante infinita, mientras que para compuestos volátiles, se asume una fuente de afección finita con una tasa de volatilización constante (basada fundamentalmente en propiedades químicas) durante el período de exposición.
- Las concentraciones de los contaminantes, están distribuidas uniformemente en la zona afectada.
- Se asume que no se produce biodegradación u otro mecanismo de pérdida de concentración de contaminantes en los suelos afectados, en las aguas subterráneas afectadas o en la fase gaseosa, una vez volatilizados.
- La dilución en aire de los contaminantes desde el punto de volatilización del suelo, se modeliza con un modelo de caja simple de dispersión de contaminantes.

Una vez que el programa estima los factores de transferencia y/o transporte aplicables, calcula la concentración de contaminantes a la que están expuestos los potenciales receptores teniendo en cuenta tasas de exposición específicas para cada uno.

En el presente análisis de riesgos se ha hecho correr los modelos de transporte durante un periodo de 50 años con el fin de tomar la máxima concentración en ese periodo a la hora de calcular las ingestas aplicando un criterio conservador.

4.2.2 Datos introducidos en el modelo de cálculo

Los datos introducidos en el modelo de cálculo del riesgo, recogidos de los trabajos de investigación realizados en el emplazamiento, se presentan a continuación.

Datos relativos a los focos, medios y transporte

En las tablas siguientes se reflejan los datos introducidos en el modelo de cálculo del riesgo que tienen que ver con la definición de los distintos focos de afección, el medio en el que se localiza y la forma en que es transportada la afección.

Muchos de ellos proceden de la investigación realizada (site-specific) mientras que otros proceden de la bibliografía especializada o se establecen por defecto en la aplicación RBCA en base a criterios conservadores.

Tabla 4.1 Datos introducidos en el modelo para los distintos focos

Nº de Foco	Parámetro	Valor introducido	Justificación
Foco 1	Profundidad del agua subterránea	10,2 m	Valor medio de profundidad en los puntos conectados hidráulicamente
Foco 2	Profundidad de la parte superior de los suelos afectados en ZNS	0,1 m	Profundidad mínima con afección confirmada mediante analítica en la investigación realizada

Nº de Foco	Parámetro	Valor introducido	Justificación
	Profundidad de la parte inferior de los suelos afectados en ZNS	0,4 m	Profundidad máxima con afección confirmada mediante analítica en la investigación realizada
Foco 3	Profundidad de la parte superior de los suelos afectados en ZNS	9 m	Profundidad mínima con afección confirmada mediante analítica en la investigación realizada
	Profundidad de la parte inferior de los suelos afectados en ZNS	10,2 m	Profundidad máxima con afección confirmada mediante analítica en la investigación realizada
Común a todos los focos	Tipo de suelo predominante	Arenosos / Arcosas	Se considera la textura observada en ZNS en los sondeos ejecutados
	Fracción de carbono orgánico en zona no saturada	0,04	Valor obtenido tras su estimación a partir de análisis de laboratorio
	pH del suelo	6,8	Valor por defecto RBCA
	Porosidad eficaz	0,41	Valor por defecto RBCA para arenas

Otros datos requeridos para la realización del análisis de riesgos, son los que por defecto toma el programa de la biblioteca estadística de que dispone, los cuales, se exponen en el **Anexo 1**.

Parámetros de exposición de los receptores

En cuanto a los receptores tipo, a cada uno se le asigna una pauta de exposición a los contaminantes asociados al uso del suelo correspondiente. Cuando no se ha dispuesto de información específica al respecto, dichos parámetros de exposición se han asimilado a valores por defecto contrastados que son representativos de exposición en condiciones desfavorables, denominadas RME (*Reasonable Maximum Exposure*).

En la Tabla 4.2 se recogen los principales parámetros de exposición para los receptores de interés. En el **Anexo 1** se puede consultar toda la información relativa a los parámetros de entrada del modelo, que incluye el resto de parámetros de exposición empleados.

Tabla 4.2 Resumen de parámetros de exposición (- No aplica)

Parámetro	Trabajadores industriales en interiores	Trabajadores industriales en exteriores	Trabajador de la construcción
	Peso medio (kg)	70	70
Esperanza de vida (años)	70	70	70
Frecuencia de exposición (nº eventos/año)	250	250	60
Duración de la exposición (años)	25	25	1
Tiempo de exposición (h/día) (inhalación)	8	8	8
Tasa de ingestión (mg/día)	-	-	100

4.3 Cuantificación y evaluación del riesgo

El nivel de riesgo por exposición a sustancias cancerígenas (riesgo cancerígeno - R) se representa como un incremento de la probabilidad de contraer cáncer, mientras que el nivel de riesgo por exposición a sustancias no cancerígenas (tasa o índice de riesgo - HQ) se representa como una proporción entre la dosis de exposición y la dosis de referencia para un contaminante dado.

El índice de riesgo viene dado por la expresión siguiente:

$R_{ij} = I_{ij} \times FP_{ij}$, ó $HQ_{ij} = I_{ij} / DR_{ij}$, dónde:

- R_{ij} : Índice de riesgo (cancerígeno) resultante de la exposición durante toda la vida (70 años) a un contaminante cancerígeno (i) y ruta (j) determinados.
- HQ_{ij} : Índice de riesgo sistémico resultante de la exposición al contaminante (i) a través de la vía (j).
- I_{ij} : Ingesta media diaria del contaminante (i) a través de la vía (j) promediada para el periodo de exposición evaluado (mg/kg . día).
- FP_{ij} : factor pendiente para el contaminante y ruta de exposición considerados (mg/kg.día)⁻¹.
- DR_{ij} : dosis de referencia toxicológica para el contaminante (i) y la vía (j) correspondiente al periodo de exposición evaluado (mg/kg . día).

La evaluación de los índices de riesgo obtenidos se realiza de acuerdo con los criterios establecidos en el RD 9/2005, el cual define como criterios de admisibilidad del riesgo un límite de 1 para contaminantes con efectos sistémicos y de 10^{-5} para contaminantes cancerígenos.

Las siguientes tablas recogen los resultados globales de riesgo para cada escenario evaluado.

Tabla 4.3 Resumen de los resultados de cuantificación del riesgo

Escenario de exposición	Índice de riesgo sistémico (HQ)	Índice de riesgo cancerígeno (IQ)
Escenario 1 Trabajador industrial en ambiente interior	3,9E-06	1,7E-12
Escenario 2 Trabajador industrial en ambiente exterior	4,7E-07	2,0E-13
Escenario 3 Trabajador de la construcción	7,8E-01	1,7E-08
Se marcan sombreados aquellos valores que superen los umbrales de aceptabilidad:		
• Umbral de aceptabilidad de riesgo <i>por efectos sistémicos</i> :	1	
• Umbral de aceptabilidad de riesgo <i>por efectos cancerígenos</i> :	10^{-5}	

Observando los resultados, **todos los escenarios analizados han dado lugar a riesgos aceptables** en las condiciones consideradas en el modelo conceptual.

En el **Anexo 1** se presentan los resultados detallados del análisis, de forma que se pueda observar la procedencia de dichos riesgos, es decir, qué vías y qué contaminantes contribuyen en mayor o menor medida en cada foco, de forma que facilite la toma de decisiones posterior para la gestión de dicho riesgo.

4.4 Análisis de incertidumbres

La evaluación cuantitativa de riesgos para la salud humana llevada a cabo anteriormente incorpora un conjunto de incertidumbres que es preciso señalar y valorar, siquiera cualitativamente, con el fin de situar las conclusiones y posterior toma de decisiones en un contexto adecuado.

Dando por sentado que la metodología aplicada en este caso se encuentra suficientemente contrastada por organismos reconocidos tanto a nivel nacional como internacional, las incertidumbres derivadas de su aplicación pueden clasificarse en función del aspecto a que hacen referencia.

A este respecto, se comentan seguidamente aquellos elementos del análisis de riesgos que pueden plantear discusión:

4.4.1 Incertidumbres asociadas a la caracterización del emplazamiento

Los principales aspectos relacionados con la caracterización de la afección en el emplazamiento que pueden influir en los resultados de riesgo son los que se resumen a continuación.

Los contaminantes analizados en la caracterización del subsuelo han sido un amplio espectro de contaminantes de distinta índole que recogen los potenciales productos químicos relacionados con las actividades desarrolladas en el mismo por las actividades preexistentes, en previsión de establecer una situación de la calidad del suelo y el agua de cara al desarrollo del emplazamiento. Además se han analizado las principales familias de contaminantes tóxicos, persistentes y bioacumulables. Por tanto, el barrido analítico llevado a cabo se considera adecuado.

En la investigación del subsuelo realizada entre agosto y septiembre de 2022 se ha detectado algún impacto puntual en suelos, con escasa distribución tanto en la vertical como en la horizontal que constituirían pequeñas alteraciones asociadas a la actividad industrial. También se detectó una alteración por Cromo VI asociada a la zona de pinturas y separadores de hidrocarburos, este impacto se encuentra delimitado y permanece en los límites del emplazamiento. Los detalles y características pormenorizadas de los focos de contaminación residual detectados se recogieron en el apartado 3.1.

Ref. R003-1723179COC-V02

Los contaminantes analizados se han incluido en la evaluación del riesgo teniendo en cuenta los criterios establecidos por las Instrucciones publicadas por la Comunidad de Madrid por lo que la selección de contaminantes se considera adecuada.

En el caso de los hidrocarburos totales del petróleo, se han duplicado las fracciones de hidrocarburos al no disponer de la separación de cadenas alifática-aromática en las muestras con concentraciones más relevantes de forma que se ha seguido un enfoque altamente conservador y además se han tenido en cuenta los criterios toxicológicos establecidos en la Instrucción Técnica de la Comunidad Autónoma de Madrid (CAM).

La red de puntos de muestreo implantada en la investigación cubre la totalidad de la superficie, con una densidad de puntos de muestreo adecuada a la superficie del emplazamiento, así como a las actividades preexistentes. Además, también se han investigado zonas sin proceso industrial, sin uso o como zonas de paso que finalmente fueron incluidas en el planeamiento urbanístico de la zona. El número de puntos de muestreo ejecutados (12), se considera adecuado y suficiente para el objetivo planteado.

A partir de la información recabada durante la campaña de prospección, se puede concluir que no existe un nivel de agua en la mitad este del subsuelo superficial del emplazamiento, mientras que en la mitad oeste el nivel detectado está descolgado a mayor profundidad y tiene una productividad todavía menor. Ambos niveles corresponden con acumulaciones de agua de poca entidad sin apenas gradiente ni productividad, considerándose como niveles colgados de escasa relevancia.

De forma conservadora, no consideró la utilización de un parámetro estadístico, como por ejemplo el 95% UCL de la media aritmética para la determinación de las concentraciones introducidas en la evaluación del riesgo y se decidió tomar las concentraciones máximas detectadas para cada uno de los contaminantes detectados.

Este hecho supone una sobreestimación del riesgo que debe ser tomada en cuenta a la hora de valorar los riesgos obtenidos.

En cuanto al tipo de suelo, los sondeos indicaron la presencia de suelos con arcillas, limos, arenas y yesos; siguiendo un criterio conservador se ha valorado en el ACR un suelo de arenas que constituye la entrada al modelo más restrictiva posible por lo que en este sentido la posición es de nuevo muy conservadora.

4.4.2 Incertidumbres asociadas a la definición de los escenarios

Para la valoración de riesgos en la situación presente, se valora el riesgo potencial para los receptores potenciales de los futuros usos industriales del emplazamiento.

Se ha considerado que los receptores realizan toda su jornada laboral sobre las zonas más impactadas, lo cual es una aproximación muy conservadora puesto que se está considerando que

el impacto constituye un foco continuo, lo cual es una sobreestimación que ha sido tratada de forma myconservadora al emplear las concentraciones máximas.

Además, se ha considerado como vías de contacto tanto la inhalación en interiores como en exteriores, así como un escenario de un trabajador de la construcción en caso de redesarrollo del emplazamiento.

4.4.3 Incertidumbres asociadas a los modelos de transporte

Respecto a los factores de transferencia y transporte, el modelo de cálculo emplea las modelizaciones descritas en el apartado 4.2.1., las cuales, suponen una estimación conservativa de las concentraciones en el punto de exposición, como por ejemplo, al considerar que la concentración de contaminantes en los medios afectados en el foco, permanece constante a lo largo del tiempo.

4.4.4 Incertidumbres asociadas a la adopción de valores estadísticamente seguros

Referidas tanto para los parámetros que definen las pautas de comportamiento de un determinado grupo de riesgo (duración y frecuencia de la exposición), como para los que condicionan el valor de la ingesta unitaria de contaminantes por las diferentes vías (peso corporal, tasa respiratoria, etc.).

A este respecto, y a falta de datos específicos de esta índole sobre los receptores, se han manejado los valores que están recomendados o reconocidos en las guías de análisis de riesgos de la Comunidad de Madrid elaborada por TAUW Iberia y por la USEPA (US Environmental Protection Agency). Además, se han elegido para la mayor parte de estos parámetros el intervalo máximo contemplado en estas guías. En aquellos casos para los que tales guías no ofrecen datos, se han adoptado valores razonables para garantizar que las ingestas calculadas son suficientemente conservadoras.

Los parámetros de exposición utilizados se han escogido aplicando el criterio de máxima exposición razonable (RME), lo que proporciona resultados conservadores para situaciones operacionales normales.

Teniendo en cuenta todas las valoraciones anteriores, se concluye que las asunciones tenidas en cuenta en la elaboración del análisis de riesgos suponen una posición conservadora que garantizan unos resultados que, en todo caso, podrían dar lugar a una sobreestimación del riesgo.

4.4.5 Incertidumbres asociadas a los efectos toxicológicos de los contaminantes implicados

Es evidente que, a pesar de los avances científicos y los esfuerzos en materia de investigación, a día de hoy no son conocidos todos los efectos que sobre la salud humana producen la multitud de sustancias (naturales o artificiales) a que la población humana está expuesta. Esta limitación

produce una incertidumbre inherente a cualquier intento de cuantificar el riesgo para la salud de una población expuesta, por lo que tiene un carácter genérico y aplicable a todos los casos.

Asumiendo la limitación anterior, la forma de evitar en un caso concreto infravaloraciones o sobrevaloraciones de los riesgos objeto del análisis es adoptar la información toxicológica que sobre dosis de referencia está contenida en fuentes de reconocido prestigio. Una buena práctica adicional es considerar para cada sustancia relevante únicamente aquellos efectos y vías de exposición que se encuentran suficientemente demostrados, dejando fuera de la cuantificación los efectos sobre los que se mantienen dudas o existe una experimentación limitada, tal y como se ha realizado.

Esta cuestión puede resultar problemática en la medida que excluye la valoración cuantitativa de los efectos de sustancias de cuya presencia se tiene constancia por el hecho de carecer de referencias toxicológicas adecuadas.

Se ha considerado como contaminantes cancerígenos aquellos que disponen de factor pendiente en la base de datos RAIS.

Otro factor que puede introducir una incertidumbre importante en los resultados de riesgo son los efectos asociados a la mezcla de contaminantes.

En la actualidad existen datos de toxicidad de compuestos individuales, sin embargo, debido a la complejidad de los estudios, en la mayoría de los casos se carece de información de los efectos que pueden provocar la exposición a una mezcla compleja de contaminantes (sinérgicos, aditivos o antagónicos).

Como práctica general, se considera válida la adición del riesgo para concentraciones de contaminantes bajas y cuando los contaminantes tienen efectos análogos (sobre los mismos órganos diana o a través de la misma vía de exposición). En este análisis de riesgos se ha considerado válida la aditividad.

4.5 Análisis de sensibilidad

Si bien la gran mayoría de parámetros y condiciones aplicadas al ACR se encuentran en el lado más conservador, con el fin de cumplir las especificaciones descritas en la guía publicada por la CAM se ha procedido a ejecutar un análisis de sensibilidad de la valoración realizada.

Aunque en la definición del modelo conceptual de este análisis de riesgos se ha asumido que las concentraciones de Arsénico en el emplazamiento tienen un origen natural y no relacionado con la actividad industrial previa que se haya llevado a cabo y que pueden considerarse valores de fondo del ámbito en el que se localizan las instalaciones, con el fin de cuantificar en términos de riesgo la incertidumbre que resulta de su presencia, se ha procedido a llevar a cabo el cálculo del

nivel del riesgo derivado de la existencia de concentraciones de este metal en el ámbito de estudio aplicando un criterio conservador con el fin de no subestimar el riesgo.

Para ello, **se ha incluido como compuesto de interés la máxima concentración de arsénico detectada en el Foco 2 para el escenario con potencial contacto directo (Escenario 3).**

El valor de riesgo calculado para el Escenario 3 incluyendo el arsénico y su comparación con respecto al recogido en el epígrafe 4.3 se recoge en la siguiente tabla.

Tabla 4.4 Resumen de los resultados de cuantificación del riesgo en el Escenario 3 considerando o no el arsénico

Escenario de exposición	Índice de riesgo sistémico (HQ)	Índice de riesgo cancerígeno (IQ)
Escenario 3 Trabajador en ambiente exterior - Trabajador de la construcción	7,8E-01	1,7E-08
Escenario 3 – sensibilidad Trabajador en ambiente exterior - Trabajador de la construcción	8,5E-01	5,2E-07

Se marcan sombreados aquellos valores que superen los umbrales de aceptabilidad:

- Umbral de aceptabilidad de riesgo *por efectos sistémicos*: 1
- Umbral de aceptabilidad de riesgo *por efectos cancerígenos*: 10^{-05}

Analizando los resultados, se observa que el nuevo valor obtenido ha dado lugar a un **riesgo aceptable** con un incremento en el riesgo cancerígeno de un orden de magnitud y un ligero ascenso en el riesgo sistémico pero que aún estarían por debajo del umbral de aceptabilidad.

En cualquier caso, de forma conservadora y como medida adicional de prevención, se recomienda a los trabajadores que vayan a tener un contacto directo con el suelo del emplazamiento el uso de mascarilla para partículas.

5 Conclusiones

En este capítulo se resumen las principales conclusiones derivadas del Análisis Cuantitativo de Riesgos realizado en el emplazamiento localizado en Calle Progreso 3 en el Polígono Industrial Los Olivos, dentro del municipio de Getafe, Madrid y que se refieren principalmente a los resultados de riesgo obtenidos y la gestión del mismo.

5.1 Resultados de riesgo obtenidos

De acuerdo con los resultados obtenidos en la valoración de riesgos en los escenarios planteados, el riesgo obtenido es **ACEPTABLE**.

A continuación se incluye una tabla resumen con los valores de riesgo de cada uno de ellos.

Tabla 5.1 Resumen de los resultados de cuantificación del riesgo por escenario

Escenario de exposición	Índice de riesgo sistémico (HQ)	Índice de riesgo cancerígeno (IQ)
Escenario 1 Trabajador industrial en ambiente interior	3,9E-06	1,7E-12
Escenario 2 Trabajador industrial en ambiente exterior	4,7E-07	2,0E-13
Escenario 3 Trabajador en ambiente exterior - Trabajador de la construcción	7,8E-01	1,7E-08
Se marcan sombreados aquellos valores que superen los umbrales de aceptabilidad:		
<ul style="list-style-type: none"> • Umbral de aceptabilidad de riesgo <i>por efectos sistémicos</i>: 1 • Umbral de aceptabilidad de riesgo <i>por efectos cancerígenos</i>: 10^{-05} 		

Observando los resultados, **todos los escenarios analizados han dado lugar a riesgos aceptables** en las condiciones consideradas en el modelo conceptual.

En base a los resultados obtenidos **se considera que los usos industriales del suelo previstos en el emplazamiento serían compatibles** con el estado de calidad del suelo reflejado en el presente informe en las condiciones actuales.

Cabe reseñar que la valoración de riesgos se ha llevado a cabo en condiciones conservadoras, asumiendo márgenes de seguridad suficientes para asegurar que los niveles de riesgo calculados son representativos de la situación más desfavorable posible.

Es importante considerar que la presente valoración de riesgos se ha realizado con los resultados de la investigación del suelo realizada en agosto y septiembre de 2022.

Ref. R003-1723179COC-V02

Con respecto a la valoración del riesgo realizada para los escenarios futuros, es importante recalcar que este ACR se ha realizado a partir de la información disponible y siguiendo criterios muy conservadores.

Cualquier cambio relevante de las condiciones actuales del emplazamiento, tales como,

- futuros cambios de uso del suelo
- actualización de dosis toxicológicas
- aumento o disminución de las concentraciones de contaminantes
- cambios relevantes en la configuración del emplazamiento

supondrían consecuentemente un cambio de la magnitud del riesgo, que debería ser revisado por parte del propietario del terreno y/o el promotor involucrado en el desarrollo futuro.