ANEXO 1.2

EVALUACIÓN DE RIESGOS PARA LA SALUD HUMANA (HHRA)

INFORME

EVALUACIÓN DE RIESGOS PARA LA SALUD HUMANA

TERRENO LAS SALINAS,

VIÑA DEL MAR

Presentado a:

Inmobiliaria Las Salinas

Presentado por:

Golder Associates S.A.

Magdalena 181, Piso 3 Las Condes Santiago

Chile

+56 2 2616 2000

1792162901_HHRA_rev0

Octubre 2018

Resumen Ejecutivo

En el contexto del levantamiento del riesgo y del futuro proyecto de desarrollo inmobiliario del terreno Las Salinas (el “Sitio”), Inmobiliaria Las Salinas solicitó a Golder Associates llevar a cabo una Evaluación de Riesgo para la Salud Humana (“HHRA”) basada en los resultados de las investigaciones ambientales recientes desarrolladas en el Sitio (2015-2016).

Los resultados de las investigaciones mostraron que el suelo y el agua subterránea del Sitio presentan concentraciones principalmente de hidrocarburos totales de petróleo ("TPH"), benceno, etilbenceno, tolueno y xileno (“BTEX"), e hidrocarburos policíclicos aromáticos (“PAH"). Se detectó también la presencia de otros compuestos en el suelo subsuperficial (> 1 metro bajo el nivel del suelo, “mbns”) y el agua subterránea, tales como metales, pesticidas y compuesto orgánicos fenólicos.

El objetivo de la HHRA fue calcular los niveles de riesgo para los usuarios actuales y futuros dentro del Sitio y en sus alrededores (Área de Playa y establecimientos colindantes), y desarrollar los niveles de remediación específicos del sitio (“SSCL”) para el suelo subsuperficial (profundidad > 1 mbns), el agua subterránea y el gas de suelo del Sitio, con el fin de apoyar el futuro redesarrollo del Sitio mediante la identificación de áreas que requieran acciones de remediación y el cálculo de metas de remediación.

La presente HHRA fue desarrollada de acuerdo al procedimiento de RBCA (Acción Correctiva Basada en Riesgo), enfoque que es una práctica estándar para la definición de metas de remediación de sitios en Italia, Francia, Alemania, Suecia, Hungría, Australia, EEUU y Canadá. El enfoque metodológico de esta HHRA se centró en la metodología de Italia. Los niveles de riesgo y los SSCL se calcularon para los compuestos químicos individuales detectados en el Sitio y sus alrededores utilizando el Nivel 2 (Tier 2) del procedimiento RBCA. Estos SSCL se basan en el riesgo incremental de cáncer a lo largo de la vida (“ILCR”) para compuesto cancerígenos, y en el índice de peligro (“HI”) para compuestos no cancerígenos, que han sido seleccionados en base a las recomendaciones de niveles y criterios conservadores de la normativa internacional: ILCR para compuesto individual = 1E-06, ILCR total = 1E-05, y HI = 1.

Se desarrolló un modelo conceptual para el área de estudio, que incluyó la evaluación de los potenciales receptores actuales y futuros. Los riesgos fueron calculados para determinar la necesidad de acciones de remediación para permitir el futuro redesarrollo.

En base a los resultados de la HHRA, las vías de exposición evaluadas más críticas son la vía de exposición residencial por excedencias de SSCL en el suelo subsuperficial, así como la presencia de fase líquida liviana no acuosa (“FLNA”) en el agua subterránea. Estos resultados indican que es necesario desarrollar acciones de remediación en el interior del Sitio.

No obstante, lo anterior, se determinó que no existe riesgo para los siguientes escenarios de usos dentro del Sitio y en los alrededores:

- Alrededores del Sitio: uso comercial y de equipamiento actual, y uso recreacional.
- Dentro del Sitio: escenario comercial y de equipamiento en superficie, escenario comercial y de equipamiento en subterráneo, trabajador de la construcción en el sitio en labores de supervisión y uso recreacional.

Para el escenario de trabajador de las obras de remediación, los riesgos pueden ser adecuadamente abordados con el uso de elementos de protección personal (“EPP”).

En base a los resultados, es necesario elaborar un plan de remediación que considere los impactos detectados en el suelo y el agua subterránea. Adicionalmente, se debe desarrollar un plan de excavaciones que incluya el uso de EPP específicos para las áreas identificadas como zonas de potencial riesgos durante las obras de un futuro proyecto de remediación.

A continuación, se presentan los resultados de cálculo de los niveles de riesgo y los SSCL calculados para los diferentes escenarios relacionados con el futuro desarrollo inmobiliario del Sitio y sus alrededores. Para el cálculo de los niveles de riesgo y de los SSCL se utilizó el programa RISC5, desarrollado por *BP Oil International*.

- **Niveles de Remediación Específicos para el Sitio (SSCL) para Suelo Subsuperficial – Escenario Residencial**

La comparación de los SSCL calculados para el suelo subsuperficial con las concentraciones máximas de los compuestos de potencial preocupación ("COPC") detectadas en el Sitio, mostró que las concentraciones de benceno, etilbenceno y naftaleno exceden los SSCL calculados. Para los TPH, se determinó que la meta de remediación corresponde a la concentración de saturación, que equivale a 6.000 mg/kg como objetivo de remediación, considerando que concentraciones de TPH superiores a este valor tendrán el potencial de formación de FLNA generando una fuente de contaminación del agua subterránea. En función de estos resultados se determinaron las áreas que requieren acciones de remediación, lo que corresponde a una superficie de 40.000 m^2 aproximadamente.

- **Niveles de Remediación Específicos para el Sitio (SSCL) para Agua Subterránea – Escenario Residencial**

La comparación de los SSCL calculados para el agua subterránea con las concentraciones máximas de los COPC detectadas en el Sitio, mostró que las concentraciones de todos los compuestos están por debajo de los SSCL, con excepción de algunas excedencias para el TPH alifático C12-C16, TPH alifático C6-C8 y TPH alifático C5-C6 En las campañas de muestreo se detectó FLNA en 3 pozos del sector Norte del Sitio. Considerando que la FLNA es una fuente de impacto para el agua subterránea, se ha determinado que estas áreas requieren acciones de remediación.

- **Niveles de Remediación Específicos para el Sitio (SSCL) para Gas de Suelo – Escenario Residencial**

Se cálculo los SSCL para gas de suelo mediante la metodología de HHRA hacia atrás, con el objeto de calcular las concentraciones para los compuestos químicos en el gas de suelo que protegen la salud de las personas. De este modo, los SSCL representan las metas de remediación para el gas de suelo en el Sitio, los que podrían utilizarse como objetivos en un futuro plan de remediación para el Sitio, ya que estos valores son aplicables como metas de remediación para la ruta de intrusión de vapores, validando que la remediación de agua subterránea y suelo han alcanzado su objetivo de remediación.

- **Escenario de Uso Comercial y de Equipamiento Actual Alrededores del Sitio**

<u>Uso Comercial y Equipamiento Actual en Área de Playa y Estación de Servicio PETROBRAS</u>

Se evaluó el riesgo potencial para los trabajadores de establecimientos comerciales y de equipamiento ubicados en los alrededores del Sitio (Área de Playa y estación de servicios PETROBRAS), asociado a la inhalación de vapores en espacios interiores provenientes de compuestos volátiles en el suelo y en el agua subterránea. La comparación de ILCR y HI calculados con los criterios de riesgo adoptados, permite ver que para los trabajadores de los establecimientos comerciales y de equipamientos existentes el riesgo es insignificante, e inferior al máximo nivel de riesgo aceptable para los compuestos no cancerígenos (HI = 1) para los compuestos cancerígenos individuales (ILCR individual = 1E-06) y para el total de compuestos cancerígenos (ILCR total = 1E-05).

Uso Comercial y Equipamiento Actual en Estación de Servicio COPEC

Se evaluó el riesgo potencial para los trabajadores de establecimientos comerciales y de equipamiento ubicados en el terreno de la estación de servicio COPEC, asociado a la inhalación de vapores en espacios interiores provenientes de compuestos volátiles en el suelo y en el agua subterránea. La comparación de ILCR y HI calculados con los criterios de riesgo adoptados, permite ver que para los trabajadores de los establecimientos comerciales y de equipamientos existentes el riesgo es insignificante, e inferior al máximo nivel de riesgo aceptable para los compuestos no cancerígenos (HI = 1) para los compuestos cancerígenos individuales (ILCR individual = 1E-06) y para el total de compuestos cancerígenos (ILCR total = 1E-05).

- **Escenario de Uso Recreacional Área de Playa**

Se evaluó el riesgo potencial para las personas que hacen uso para fines recreacionales del Área de Playa que se ubica frente al Sitio, asociado con el contacto dermal con el suelo y el agua subterránea, y con la inhalación de vapores en espacios abiertos, provenientes de compuestos volátiles en el suelo y en el agua subterránea. Los cálculos de riesgo indicaron que, para el usuario recreacional, tanto para niños como para adultos, los niveles de riesgo total calculados para todos los compuestos y para todas las vías de exposición están por debajo de los criterios de riesgo adoptados. Es decir, para el escenario de exposición recreacional en el Área de Playa el riesgo es insignificante y se descarta la existencia de riesgo a la salud.

- **Trabajador de la Construcción**

Trabajador de la Construcción en el Sitio en Labores de Remediación

En este escenario se calculó el riesgo para la salud asociado al escenario del trabajador de la construcción que participa de las obras del proyecto de remediación, pero es aplicable a trabajadores de construcción realizando cualquier actividad dentro el Sitio. De hecho, el riesgo para la salud humana evaluado para los trabajadores del proyecto de remediación es protector también para el trabajador de construcciones futuras, ya que éste realizará trabajos en un terreno ya remediado, estando expuesto a concentraciones más bajas.

Tomando en consideración la normativa chilena aplicable para el trabajo con sustancias peligrosas, se considera que el trabajador usa un overol de faena con mangas largas, con lo que la piel expuesta al contacto dermal corresponde al rostro y las manos. El supuesto de contacto dermal con el rostro y las manos es un supuesto conservador, ya que se debe considerar el uso de elementos de protección personal (“EPP”) adicionales como guantes y mascarilla dependiendo del área de trabajo.

El cálculo de los niveles de riesgo (HI e ILCR) asociados a la inhalación de vapores en espacios abiertos dio como resultado un riesgo para la salud insignificante.

El cálculo del riesgo no cancerígeno (HI) relacionado con la exposición directa de trabajadores de la construcción por ingestión accidental de suelo y contacto dermal, es inferior al máximo nivel de riesgo aceptable para los compuestos no cancerígenos. Los resultados indican que el riesgo para la salud es insignificante y que las concentraciones medidas en gas de suelo son compatibles con este escenario de exposición.

El cálculo del riesgo cancerígeno (ILCR) relacionado con la exposición directa de trabajadores de la construcción está por debajo del criterio de riesgo aceptable para el total de compuestos cancerígenos (ILCR total = 1E-05). El criterio de ILCR para compuesto individual (1E-06) es levemente excedido por dieldrin y cromo VI. Estos compuestos presentaron excedencias en menos del 3% con respecto al valor de referencia de Tier 1, en zonas acotadas del Sitio.

Esta excedencia de los criterios de riesgos está calculada asumiendo un escenario de exposición altamente conservador que considera que el trabajador está en contacto con los suelos impactados por un tiempo de 10 años durante la jornada de trabajo legal (9 horas cada día), a pesar de que se espera que los trabajos de

remediación tengan una duración de aproximadamente cuatro años. Además, considerando que este riesgo está dado por el contacto directo y la ingestión de los suelos, el riesgo será eliminado con el uso de EPP apropiados, específicamente, con el uso de guantes y overol para reducir el contacto dermal con el suelo y el uso de máscaras y guantes para prevenir la ingestión accidental de suelo.

Trabajador de la Construcción en el Sitio en Labores de Supervisión

Se consideró adicionalmente el escenario de exposición del supervisor de las faenas de remediación. Se supone que este trabajador está expuesto a los vapores provenientes del suelo y el agua subterránea a través de la inhalación de vapores en espacio interiores. Los niveles de riesgo calculados para la inhalación de vapores en espacios interiores son menores que los criterios de riesgo adoptados en la presente HHRA (HI total =1 y ILCR total = 1E-05) e indican que el riesgo para salud es insignificante.

Índice

1.0 INTRODUCCIÓN 1

1.1 Contexto 1

1.2 Objetivo del Trabajo 2

2.0 ANTECEDENTES 3

2.1 Descripción del Sitio 3

2.2 Investigaciones Ambientales Recientes 4

2.3 Identificación de Fuentes de Contaminación 5

3.0 EVALUACIÓN DE RIESGO A LA SALUD HUMANA 5

3.1 Acción Correctiva Basada en Riesgo (RBCA) 6

3.2 Metodología de la Evaluación de Riesgos 8

3.3 Formulación del Problema 13

3.3.1 Recolección y Análisis de Muestras Ambientales 13

3.3.1.1 Caracterización del Suelo dentro del Sitio 13

3.3.1.2 Caracterización del Agua Subterránea dentro del Sitio 15

3.3.1.3 Caracterización del Gas de Suelo dentro del Sitio 18

3.3.1.4 Caracterización del Suelo en Área de Playa 18

3.3.1.5 Caracterización de Gas de Suelo en Área de Playa y Alrededores del Sitio 19

3.3.1.6 Caracterización de Agua Subterránea en la Zona de Rompiente de Playa 21

3.3.2 Compuestos de Potencial Preocupación (COPC) 22

3.3.3 Determinación de los Potenciales Receptores y Vías de Exposición y Vías de Migración 25

3.3.4 Modelo Conceptual del Sitio y sus Alrededores (MCS) 29

3.4 Evaluación de la Toxicidad 31

3.4.1 Clasificación de los Compuestos Cancerígenos 31

3.4.2 Valores de Referencia Toxicológicos 31

3.5 Evaluación de la Exposición 34

3.5.1 Modelos Utilizados para la Evaluación de la Exposición 34

3.5.2 Estimación de la Dosis 41

3.6 Caracterización del Riesgo 45

3.6.1 Compuestos No Cancerígenos 45

3.6.2 Compuestos Cancerígenos 46

4.0 CÁLCULO DE LOS NIVELES DE RIESGO Y DESARROLLO DE NIVELES DE REMEDIACIÓN ESPECÍFICOS PARA EL SITIO (SSCL) 47

4.1 Introducción 47

4.2 Cálculos de Evaluación de Riesgo Hacia Adelante y Hacia Atrás 47

4.3 Niveles de Remediación Específicos para el Sitio (SSCL) para Suelo Subsuperficial – Escenario Residencial 49

4.3.1 Niveles de Remediación Específicos para el Sitio (SSCL) para Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) 51

4.4 Niveles de Remediación Específicos para el Sitio (SSCL) para Agua Subterránea – Escenario Residencial 54

4.5 Niveles de Remediación Específicos para el Sitio (SSCL) para Gas de Suelo – Escenario Residencial 57

4.6 Escenario de Uso Comercial y Equipamiento Actual Alrededores del Sitio 58

4.6.1 Área de Playa y estación de servicio PETROBRAS 58

4.6.2 Estación de servicio COPEC 60

4.7 Escenario de Uso Recreacional Área de Playa 61

4.8 Trabajador de la Construcción en el Sitio 64

4.8.1 Trabajador de la Construcción en el Sitio en Labores de Obras 65

4.8.2 Trabajador de la Construcción en el Sitio en Labores de Supervisión 69

4.9 Incertidumbres de la Evaluación de Riesgos 70

4.9.1 Modelación del Aire en Espacios Interiores 70

4.9.2 Modelación del Aire en Espacios Abiertos 71

4.9.3 Escenarios de Exposición 71

4.9.4 Valores de Referencia de Toxicidad 71

4.9.5 Biodisponibilidad Contaminante 72

4.9.6 Biodegradación de Contaminantes 72

5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 72

6.0 REFERENCIAS 76

TABLAS

Tabla 1: Valores de referencia genéricos para suelo en diferentes países 9

Tabla 2: Valores de referencia genéricos para agua subterránea en diferentes países 10

Tabla 3: Valores italianos de Tier 1 para suelo y agua subterránea 12

Tabla 4: Resumen de excedencias de Tier 1 en muestras de suelo dentro del Sitio 14

Tabla 5: Resumen de excedencias de Tier 1 en muestras de agua subterránea dentro del Sitio 16

Tabla 6: Resumen de concentraciones de fracciones de hidrocarburos en muestras de agua subterránea dentro del Sitio 17

Tabla 7: Resumen de registros de FLNA en los pozos de monitoreo del Sitio entre 2015 y 2018. 17

Tabla 8: Concentraciones máximas detectadas en el gas de suelo del Sitio 18

Tabla 9: Resumen de excedencias de Tier 1 en muestras de suelo en Área de Playa 19

Tabla 10: Concentraciones máximas detectadas en gas de suelo en Área de Playa y alrededores 20

Tabla 11: Concentraciones máximas detectadas en gas de suelo en estación de servicio COPEC 21

Tabla 12: Resumen de excedencias de Tier 1 en muestras de agua subterránea en Zona de rompiente de Área de Playa 22

Tabla 13: Compuestos seleccionados como compuestos de potencial preocupación (COPC) en la evaluación de riesgos 23

Tabla 14: Selección de los receptores humanos y vías de exposición 27

Tabla 15: Clasificación de las sustancias según sus propiedades cancerígenas 33

Tabla 16: Parámetros de entrada para los modelos de intrusión de vapores - escenario uso residencial dentro del Sitio, trabajador de la construcción, recreacional y comercial/equipamiento en los alrededores del Sitio 36

Tabla 17: Parámetros de entrada para el modelo de intrusión de vapores – escenario residencial para residencias adyacentes a las calles del Sitio 38

Tabla 18: Parámetros de entrada para el modelo de intrusión de vapores - escenario comercial y de equipamiento en superficie para establecimientos adyacentes a las calles del Sitio 39

Tabla 19: Parámetros de entrada para el modelo de intrusión de vapores - escenario comercial y de equipamiento en subterráneo para establecimientos adyacentes a las calles del Sitio 40

Tabla 20: Parámetros de entrada para el modelo de intrusión de vapores - escenario supervisor de obras remediación/construccion 41

Tabla 21: Parámetros de exposición para los receptores seleccionados 42

Tabla 22: Criterios internacionales para nivel de riesgo incremental de cáncer (ILCR) 47

Tabla 23: SSCL para suelo subsuperficial del Sitio - escenario residencial 51

Tabla 24: Fracciones de hidrocarburos de petróleo del TPH CWG (1997) – Valor de Referencia Toxicológico (TRV) y propiedades físico-químicas seleccionadas 52

Tabla 25: Valores de concentración de saturación de TPH residual en suelo (Cres). 53

Tabla 26: Valores de concentración de saturación de TPH residual en suelo para la mezcla (Cres). 54

Tabla 27: SSCL para agua subterránea del Sitio - escenario residencial 56

Tabla 28: SSCL para gas de suelo del Sitio - escenario residencial 58

Tabla 29: Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de uso comercial y equipamiento actual en los alrededores del Sitio 59

Tabla 30: Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de uso comercial y equipamiento actual en la estación de servicio COPEC 60

Tabla 31: Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario uso recreacional en el Área de Playa - inhalación en espacios abiertos 63

Tabla 32: Valor de riesgo HI calculados para el escenario de uso recreacional en el Área de Playa - contacto dermal con suelo 63

Tabla 33: Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de uso recreacional en el Área de Playa - contacto dermal con agua subterránea 64

Tabla 34: Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de uso recreacional en el Área de Playa - todas las vías de exposición 64

Tabla 35: Nivel de riesgo para efectos no cancerígenos (HI) calculado para el escenario de trabajador de la construcción en el Sitio 66

Tabla 36: Nivel de riesgo para efectos cancerígenos (ILCR) calculados para el escenario de trabajador de la construcción en el Sitio 67

Tabla 37: Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de supervisor de trabajos de remediación/construcción 70

FIGURAS

Figura 1: Esquema de los diferentes niveles de la RBCA....7

Figura 2: Modelo Conceptual del Sitio para exposición dentro del Sitio. 30

Figura 3: Modelo Conceptual del Sitio para exposición en los alrededores del Sitio. 30

Figura 4: Proceso de la evaluación de riesgos para la salud humana hacia adelante. 48

Figura 5: Proceso de la evaluación de riesgos para la salud humana hacia atrás. 48

Figura 6: Escenario de exposición residencial para el cálculo de SSCL para suelo dentro del Sitio. 50

Figura 7: Escenario de exposición residencial para el cálculo de SSCL para agua subterránea dentro del Sitio. 55

Figura 8: Escenario de exposición para cálculo de riesgo en uso comercial y equipamiento en los alrededores del Sitio. 59

Figura 9: Escenario de exposición para cálculo de riesgo en uso recreacional del Área de Playa. 62

Figura 10: Escenario de exposición para cálculo de riesgo para trabajador de la construcción. 65

Figura 11: Excedencias de nivel de riesgo para escenario de trabajador de la construcción. 68

Figura 12: Escenario de exposición para cálculo de riesgo para supervisor en el Sitio. 69

ANEXOS

Apéndice A
Figuras

Apéndice B
Datos de entrada y de salida de las simulaciones con el programa RISC5

Apéndice C
Resumen de los datos químicos y toxicológicos

GLOSARIO DE TÉRMINO Y ABREVIACIONES

Sigla/ Acrónimo	Definición
Acrack:	Área de fracturas (*crack*) en la losa de fundación de un edificio.
Aguas abajo:	Se refiere a un punto que está después de la sección considerada, avanzando en el sentido de la corriente de agua.
Área de Playa:	Tramo de costanera y playa ubicado frente al terreno de las ex petroleras ubicado en el sector de Las Salinas, Viña del Mar, también referido como faja de playa.
ASTM Internacional:	ASTM o ASTM *International* es una organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas.
BTEX:	Benceno. Tolueno, Etilbenceno, Xileno. Compuestos químicos volátiles, generalmente asociados a gasolinas.
CDI:	Compuesto de interés. Corresponden a las sustancias que podrían estar en el área de estudio producto de actividades históricas.
COPC:	Compuestos químicos de potencial preocupación (*Chemicals of Potential Concern*). Corresponden a las sustancias que pueden estar presentes en el sitio, que superan los valores de referencia y podrían significar un riesgo para la salud de las personas.
COV:	Compuestos orgánicos volátiles.
Csat:	Nivel de saturación de suelo teórico de compuesto en el suelo, definido como la concentración a la que se alcanzan los siguientes límites: límite de solubilidad, saturación de gas de suelo y límite de partición del carbono orgánico del suelo.
D:	Dosis de exposición en el área de estudio para un compuesto químico.
DDT:	Dicloro difenil tricloroetano (pesticida).
DLgs 152/2006	Decreto Legislativo N° 152 de Ley de Medio Ambiente de Italia (3 de abril de 2006).
DRO:	Hidrocarburos de petróleo del rango diésel, típicamente con cadenas de 10 a 28 carbonos (C10-C28).
EPP:	Elementos de protección personal.
EPA 8015:	Método de análisis de laboratorio para determinar la concentración de compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles no halogenados incluidos los Orgánicos en el Rango Diésel (DRO) y los Orgánicos en el Rango Gasolina (GRO).
FLNA:	Fase Líquida Liviana No Acuosa. En inglés se denomina LNAPL (*Light Non-Aqueous Phase Liquid*). Es un líquido tal como gasolina, diésel, petróleo, aceite u otro combustible a base de petróleo, que es inmiscible en el agua y tiene una densidad menor que la del agua por lo que se mantiene sobre esta.
Guía:	Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes del Ministerio del Medio Ambiente (2013), la que se utilizó para diseñar el Plan de Muestreo; en particular la Fase III: Evaluación del Riesgo y Plan de Acción para la Gestión de Suelos con Presencia de Contaminantes.
Grilla:	Cuadrícula regular de 33 por 33 m utilizada para demarcas las áreas de trabajo del Plan de Muestreo, de manera de cumplir la recomendación de la Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes de un punto de muestreo de suelo por cada 1.000 m^2.

Sigla/ Acrónimo	Definición
GRO:	Hidrocarburos de petróleo del rango gasolina, típicamente con cadenas de 6 a 10 carbonos (C6-C10).
HCH:	Hexaclorociclohexano (pesticida), también abreviado como BHC.
HHRA:	Evaluación de Riesgos para la Salud Humana (*Human Health Risk Assessment)*. Es una metodología usada internacionalmente para estimar la naturaleza y probabilidad de efectos adversos a la salud en las personas que pueden estar expuestas a compuestos químicos en un escenario actual o futuro.
HI:	Índice de peligro para el total de compuestos no cancerígenos (*Hazard Index*).
HQ:	Cociente de peligro para un compuesto químico no cancerígeno (*Hazard Quotient*).
HVAC:	Sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado del edificio (*Central Heating Ventilation and Air-Conditioning*).
ILCR:	Riesgo incremental de cáncer (*Incremental Lifetime Cancer Risk*). Nivel de riesgo para compuestos cancerígenos. Corresponde al incremento de probabilidad de un individuo de desarrollar cáncer por la exposición a un compuesto cancerígeno (ILCR individual) o varios compuestos cancerígenos (ILCR total).
IRIS:	Sistema de Información Integrada de Riesgos (*Integrated Risk Information System*) de la US EPA.
LD:	Límite de detección. Cantidad o concentración mínima de una sustancia que puede ser detectada confiablemente por un método analítico determinado.
mbns:	Metros bajo el nivel del suelo.
MCS:	Modelo Conceptual del Sitio, representación integrada de la información física y ambiental del área de estudio.
n.a.:	Compuesto no analizado.
n.c.:	Compuesto no considerado para esta vía de exposición.
n.d.:	No disponible.
n.l.:	No limitante.
ORO:	Hidrocarburos de petróleo del rango aceites, típicamente con cadenas de 28 a 35 carbonos (C28-C35).
PAH:	Hidrocarburos policíclicos aromáticos (*Polycyclic Aromatic Hydrocarbons).*
PCB:	Bifenilos policlorados.
PID:	Detector de fotoionización, para la medición de compuestos orgánicos volátiles en terreno.
PRC:	Plan Regulador Comunal.
Qsuelo:	Flujo volumétrico de gas que ingresa a espacios cerrados de edificios.
RBCA:	Acción Correctiva Basada en Riesgo (*Risk-Based Corrective Action*). Proceso de toma de decisiones para la evaluación y la respuesta frente a impactos en el subsuelo, y está basada en la protección de la salud humana y el medio ambiente.
RBSL:	Niveles de evaluación de riesgo preliminares (*Risk-Based Screening Levels*). Valores genéricos de concentraciones, bajo los cuales no se requieren acciones o evaluaciones

Sigla/ Acrónimo	Definición
	adicionales. Corresponden a estándares de calidad de referencia genéricos, desarrollados por agencias de protección ambiental.
RCA:	Resolución de Calificación Ambiental, emitida por el Servicio de Evaluación Ambiental.
RfC:	Concentraciones de referencia (*Reference Concentrations*), para la vía de inhalación, en unidades de mg/metro cúbico (mg/m^3). La exposición a un compuesto químico en concentraciones mayores que RfC puede significar riesgo para la salud.
RfD:	Dosis de referencia (*Reference Dose*). Valor de Referencia Toxicológico (TRV) para los compuestos no cancerígenos, que se asume tienen un efecto de umbral.
RISC5:	Programa computacional de Riesgos Integrados para Saneamientos (*Risk Integrated Software for Cleanups*), version 5. Programa desarrollado por *BP Oil International* para realizar modelaciones de destino y transporte de compuestos, así como las HHRA de sitios contaminados.
RME:	Exposición máxima razonable (*Reasonable Maximum Exposure*).
SF:	Factor de pendiente (*Slope Factor*), que es la tasa de incidencia de cáncer por unidad de dosis (mg/kg-día)$^{-1}$, para determinar la potencia de un compuesto cancerígeno.
EIA:	Estudio de Impacto Ambiental, que debe ser sometido a evaluación en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
SIDREP:	Sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligrosos establecido por el Ministerio de Salud 2014, ventanilla única del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.
SSCL:	Niveles de remediación específicos del sitio (*Site-Specific Clean-up Levels).* También son conocidos como Valores Objetivo de Concentración Basados en Riesgo (VOC), Valores Objetivo de Concentración Específicos del Sitio (*Site Specific Target Levels* SSTL). Corresponden a objetivos de remediación sitio-específicos para un compuesto químico desarrollado para un sitio en particular bajo la evaluación de nivel 2 (Tier 2) del análisis de riesgo. Representan las concentraciones bajo las cuales no se observarían efectos adversos a la salud de las personas. Generalmente los SSCL calculados para el sitio son valores superiores a los RBSL.
Sitio:	Terreno de las ex petroleras ubicado en el sector de Las Salinas en Viña del Mar.
TPH WGC:	Grupo de evaluación de criterios de TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon Working Group Criteria).*
TPH:	Hidrocarburos totales de petróleo (*Total Petroleum Hydrocarbons).*
TRV:	Valor de Referencia Toxicológico (*Toxicological Reference Value*), establecidos para un efecto crítico dado y son específicos para una sustancia, una duración de la exposición (aguda, subcrónica, crónica) y una ruta de exposición (oral, inhalación, etc.).
US EPA:	Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (*United States Environmental Protection Agency*).
URF:	Unidad de factor de riesgo (*Unit Risk Factor*), que es la tasa de incidencia de cáncer por unidad de concentración (por ejemplo, para inhalación (mg/m^3)$^{-1}$); para determinar la potencia de compuestos cancerígenos.

1.0 INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto

Se presenta en el presente documento la Evaluación de Riesgos para la Salud Humana ("HHRA" por sus siglas en inglés, *Human Health Risk Assessment*), desarrollada para el terreno Las Salinas (“el Sitio”) y sus alrededores.

El Sitio está ubicado en la orilla del océano Pacífico, en el borde occidental de la ciudad de Viña del Mar. En el Sitio se desarrollaron actividades industriales de diferentes empresas petroleras y petroquímicas entre los años 1919 y 2003, cuando se retiró la infraestructura y los servicios existentes.

Desde el cierre del Sitio hasta la actualidad, se han desarrollado diversas investigaciones ambientales dentro del Sitio y en las áreas adyacentes al mismo, con el objetivo de identificar potenciales impactos en suelos y aguas subterráneas que pudieren estar asociados a las operaciones históricas. Las investigaciones ambientales que se han desarrollado en el Sitio han mostrado la presencia de impactos por hidrocarburos totales de petróleo ("TPH", *Total Petroleum Hydrocarbons),* benceno, etilbenceno, tolueno y xileno *(“BTEX"),* e hidrocarburos policíclicos aromáticos (“PAH", *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons).* Otros compuestos tales como metales, pesticidas y fenoles también fueron detectados en el suelo subsuperficial y en el agua subterránea en el Sitio. Durante las investigaciones históricas se detectó también presencia de Fase Líquida Liviana No Acuosa (“FLNA”) en algunos de los pozos de monitoreo del Sitio. En la zona de playa ubicada frente (aguas abajo) al Sitio (en adelante “Área de Playa” y también referida como faja de playa), también se han detectado impactos por TPH, BTEX y PAH.

En el año 2004, el proyecto denominado “Recuperación Terreno Las Salinas” fue calificado favorablemente por la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Valparaíso, mediante Resolución Exenta N 203/2004 (“RCA N° 203/2004”). Luego, mediante Resolución N° 524/2006 del Consejo Directivo de Ministros se modificó la RCA N° 203/2004. De este modo, el proyecto resultó en el saneamiento del Sitio para el escenario de parques y jardines, con la remediación hasta 1 metro de profundidad y de acuerdo a los niveles de remediación sitio específico (“SSCL”, *Site-Specific Clean-up Levels Levels*) calculados a través de la HHRA elaborada por la consultora Arcadis en el año 2004 (Arcadis, 2004). Los SSCL fueron calculados en base a un riesgo incremental de cáncer ("ILCR" por sus siglas en inglés de *Incremental Lifetime Cancer Risk*) de 1E-05 (1 en 100.000) para el total de compuestos cancerígenos y un índice de riesgo (“HI”, *Hazard Index*) de 1 para el total de compuestos no cancerígenos.

En septiembre de 2009 comenzaron las obras del proyecto de remediación aprobado, mediante la excavación del suelo superficial en las zonas donde se detectaron excedencias de los SSCL calculados, y reemplazo del mismo con suelo limpio. El proceso de remediación para el escenario de parques y jardines terminó en el año 2013 con el monitoreo final de verificación de la remediación del suelo superficial (Arcadis, 2013).

En el año 2008, después de la RCA final del proyecto, se aprobó una modificación del Plan Regulador Comunal (“PRC”) de Viña del Mar, denominada “Sector Petroleras Las Salinas” mediante Decreto Alcaldicio N° 12.923 (IM Viña del Mar, 2007). En éste se definieron usos de suelo y demás normas urbanísticas específicas para un desarrollo urbano mixto, residencial y de equipamiento, así como de espacio público, infraestructura y área verde. Adicionalmente, se definió un área de riesgo, “*por constituir un peligro potencial para los asentamientos humanos*”, denominada “Sector A.R.” Así mismo, el PRC indica que “sólo podrán autorizarse proyectos específicos de edificación, en medida que se cumplan los siguientes requisitos: (1) Que se acredite la realización de estudios fundados elaborados por profesional especialista, incluida su evaluación de impacto ambiental con calificación favorable; (2) Que los mencionados estudios contemplen las medidas de mitigación necesarias para el normal funcionamiento de las actividades propias del proyecto a desarrollarse en él; (3) Que se hayan ejecutado las obras de mitigación, en la forma establecida en dichos estudios”. Por lo tanto, el desarrollo en el Sitio de cualquier actividad asociada a los usos de suelo permitidos en el PRC está

condicionado a la implementación de acciones para determinar y reducir el riesgo para la salud humana a niveles aceptables, en base a estudios fundados elaborados por profesional especialista y la aplicación de medidas de mitigación, lo que corresponde al desarrollo de un Estudio de Impacto Ambiental ("EIA").

Con el objeto de dar cumplimiento a los requerimientos del PRC, en el año 2014 Inmobiliaria Las Salinas presentó un plan de remediación mediante el EIA preparado por la consultora Andalué Ambiental (Andalué Ambiental, 2014), que incluyó una HHRA desarrollada por la firma GSI de EEUU. En el proceso de evaluación del EIA se recibieron diversas observaciones de parte de los servicios, que incluyeron el requerimiento de evaluar los riesgos utilizando un ILCR aceptable de 1E-06 para compuestos cancerígenos (1 en 1.000.000, más conservador que en la HHRA desarrollada en el EIA del año 2014), así como incluir el sector de la faja de playa dentro del área de influencia del proyecto a desarrollar.

El objetivo de la presente HHRA fue calcular los niveles de riesgo en los alrededores del Sitio debido a las operaciones históricas que en éste se desarrollaron, y establecer SSCLs para el suelo, el agua subterránea y los gases de suelo dentro del Sitio como bases para el desarrollo de futuras acciones de remediación. Los cálculos de la HHRA se desarrollaron en base a los resultados de las investigaciones ambientales más recientes realizadas en la zona, que corresponden a las realizadas por Golder Associates durante 2015 y 2016 en el Sitio y en el Área de Playa (en adelante "Plan de Muestreo"), más muestreos complementarios en 2018. El Plan de Muestreo se basó tanto en los resultados de investigaciones previas y acciones de remediación ejecutadas en el Sitio entre 2004 y 2012 por la consultora Arcadis, así como en las observaciones que realizaron las autoridades respecto del EIA preparado por la consultora Andalué Ambiental (Andalué Ambiental, 2014), y fue desarrollado en concordancia general con la "Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes" del Ministerio del Medio Ambiente (en adelante "la Guía"); en particular de la Fase III: Evaluación del Riesgo y Plan de Acción para la Gestión de Suelos con Presencia de Contaminantes (MMA, 2012).

1.2 Objetivo del Trabajo

La presente HHRA tiene como objetivo calcular los niveles de riesgo y los SSCL que suponen riesgo aceptable debido a la exposición a los compuestos detectados en el Sitio y sus alrededores, para los usuarios presentes y futuros.

Los objetivos específicos de la HHRA fueron los siguientes:

- Identificar los receptores de potencial preocupación por posible exposición a sustancias químicas procedentes del suelo y del agua subterránea impactada.
- Identificar las vías de exposición.
- Calcular los niveles de riesgo para compuestos cancerígenos y no cancerígenos para los potenciales receptores en los alrededores del Sitio.
- Determinar los SSCL de los compuestos de potencial preocupación ("COPC", *Chemicals of Potential Concern*) que presentarían riesgos aceptables para todos los receptores de interés dentro del Sitio, para el desarrollo de las futuras acciones de remediación dentro del Sitio.
- Determinar la necesidad de una acción en el área de estudio (por ejemplo, remediación o mitigación de riesgos).

2.0 ANTECEDENTES

A continuación, se presenta una descripción de los antecedentes históricos del Sitio, un resumen de las investigaciones ambientales desarrolladas para suelo, agua subterránea y gas de suelo del Sitio y el Área de Playa, y la descripción de selección de criterios de referencia para la evaluación de los resultados de dichas investigaciones.

2.1 Descripción del Sitio

El Sitio está ubicado en la costa del Océano Pacífico, en el extremo poniente del municipio de Viña del Mar, en el sector conocido como "Las Salinas". Comprende un área de aproximadamente 16 hectáreas (Apéndice A, Figura 1), con una altitud media de 7 metros sobre el nivel del mar, aproximadamente.

El Sitio albergó antiguas instalaciones industriales, utilizadas para el almacenamiento de combustibles y pesticidas y la producción de lubricantes por aproximadamente 80 años, desde 1919 hasta 2003, año en que se retiró la infraestructura y los servicios existentes. Durante estas operaciones, el Sitio estaba dividido en diferentes sectores, propiedad de diferentes empresas petroleras (Shell Lubricantes, Shell Combustibles, ESSO, COPEC Combustibles, COPEC Mobil, Shell Químicos, SONACOL).

En la actualidad, después de la demolición de los servicios e infraestructura de las plantas de combustible y petroquímica y de la remediación del suelo superficial completada en el año 2013 (sección 1.1), la condición general del Sitio es de desocupación, sin estructuras enterradas o edificios, con excepción de algunas edificaciones menores. Adyacente al Sitio se ubica la estación de servicios de la empresa COPEC, la que limita con el perímetro norponiente del Sitio. Colindante con el extremo surponiente del Sitio existe otra estación de servicio, perteneciente a la empresa PETROBRAS (Apéndice A, Figura 1).

El Sitio está rodeado por las siguientes propiedades/instalaciones:

- Norte: instalaciones de la Escuela Naval de Chile.
- Este: en la zona norte el Sitio limita con un campamento e instalaciones recreativas de la Armada de Chile. En la zona central limita con una pendiente rocosa y con una propiedad de Bienes Nacionales, administrada y utilizada por personal del Ministerio de Obras Públicas. El extremo sur del Sitio colinda al Este con la pendiente rocosa, y en la zona alta de ésta, con condominios residenciales y la Subida Alessandri.
- Sur: calle 18 Norte. Cruzando esta calle se encuentra el condominio residencial Puerto-Pacífico (también conocido como Coraceros).
- Oeste: estación de servicio y oficinas de COPEC (esquina noroeste) y estación de servicio PETROBRAS (esquina suroeste), y la Avenida Jorge Montt. Cruzando esta avenida se encuentra el paseo peatonal, Playa Los Marineros y Playa Blanca.

El Sitio está compuesto por un lote Norte y un lote Sur, divididos por la calle 19 Norte. Las zonas residenciales más cercanas al Sitio están en el costado Este, sobre la terraza costera después del talud rocoso (que corresponde a una zona con una alta concentración de población), y en el costado Sur, donde se ubica el condominio Puerto Pacífico; además de residencias ubicadas en terrenos fiscales (Bienes Nacionales) localizados en la calle 19 Norte, en el lado oriente del Sitio.

De acuerdo con la información existente, el subsuelo del Sitio está compuesto principalmente por arenas de playa no consolidadas, las que sobreyacen a un basamento de rocas graníticas que se encuentra a profundidades variables entre 10-20 metros bajo el nivel del suelo (“mbns”). El agua subterránea se encuentra a poca profundidad, variando entre 4-7 mbns.

2.2 Investigaciones Ambientales Recientes

En esta sección se presenta un resumen de las investigaciones ambientales realizadas entre 2015 y 2016. Las investigaciones (desarrolladas por Golder), incluyeron campañas de muestreo de suelo subsuperficial y agua subterránea en el Sitio y el Área de Playa, y un muestreo de gas de suelo en el Sitio y áreas aledañas.

Las investigaciones de suelo comprendieron un total de 134 puntos de muestreo dentro del Sitio, y 38 puntos de muestreo en el Área de Playa. Las muestras de agua subterránea fueron colectadas de 65 pozos de monitoreo instalados dentro del Sitio y 36 pozos instalados temporalmente en el Área de Playa. El plano con la localización de los puntos de muestreo de suelo y agua subterránea se presenta en el Apéndice A, Figura 2.

Las muestras de gas de suelo fueron recolectadas dentro del Sitio mediante 38 sondas permanentes, y para el Área de Playa y los alrededores del Sitio con 10 sondas. El plano con la localización de los puntos de muestreo de gas de suelo se presenta en el Apéndice A, Figura 2.

Los muestreos de gas de suelo en el Sitio y sus alrededores fueron desarrollados con el fin de lograr una mejor comprensión del impacto y la distribución de los compuestos volátiles en el suelo de la zona no saturada. Dado que los compuestos con mayor presencia en el suelo y el agua subterránea Sitio son los compuestos orgánicos volátiles (“COV”) del tipo TPH y BTEX, la medición de su concentración en el gas de suelo es útil para la evaluar su comportamiento y transporte en el medio ambiente, y determinar los potenciales riesgos para la salud relacionados a la inhalación de vapores.

Los programas internacionales de acción correctiva basada en riesgo de Italia y de diferentes estados de EEUU cuentan con protocolos para utilizar las concentraciones de gas de suelo para la evaluación de las vías de inhalación en espacios interiores, en lugar de usar una estimación de las concentraciones calculadas en base a las concentraciones totales en el suelo o agua subterránea.

Las ventajas de usar las concentraciones medidas en el gas de suelo (en lugar de las concentraciones en suelo o agua subterránea) para evaluar vías de exposición por inhalación son las siguientes:

- Se elimina en el modelo la incertidumbre dada por la estimación de la fuente de gas de suelo a partir de la ecuación de partición de equilibrio. Esto puede ser importante debido a la complejidad de la partición cuando el compuesto químico es parte de una mezcla (es decir, mezcla de TPH), y porque las propiedades del suelo, tales como humedad y porosidad, rara vez son conocidas.
- Las concentraciones de los compuestos en el gas de suelo se pueden medir en la zona no saturada, en el área entre la fuente del impacto y el edificio donde se ubica el potencial receptor. Este enfoque considera de manera directa los procesos de atenuación de impactos por efecto de procesos como la biodegradación, que el modelo podría subestimar (este fenómeno es importante para BTEX, que tiene una tasa muy alta de degradación).

Los resultados detallados de cada investigación ambiental se encuentran en el Capítulo 3.0 Línea Base del presente EIA. Las investigaciones corresponden a las siguientes campañas:

- Plan de Muestreo Las Salinas, que corresponde al muestreo de suelo y agua subterránea dentro del Sitio y en el Área de Playa, desarrollado entre julio 2015 y enero 2016.
- Muestreos de gas de suelo desarrollado en la faja de playa, que corresponde al muestreo de gas de suelo en la vecindad de establecimientos ubicados en la Área de Playa y en las estaciones de servicios colindantes al Sitio, desarrollado entre enero y marzo 2016.
- Muestreo de agua subterránea en la Zona de Rompiente del Área de Playa, que corresponde muestreos de agua subterránea en 5 puntos la orilla del Área de Playa, desarrollado en febrero 2016.

- Muestreo de gas de suelo en el Sitio, que corresponde al muestreo de gas de suelo en 13 puntos ubicados dentro del Sitio, además de un punto en la estación de servicios colindante al mismo (COPEC), desarrollado en marzo 2016.
- Muestreo complementario de agua subterránea en la Zona de Rompiente, que corresponde al muestreo de agua subterránea en 7 puntos la orilla del Área de Playa, desarrollado en junio 2016.
- Muestreos complementarios de agua subterránea dentro del Sitio en junio de 2016 y mayo 2018.

Los resultados de las investigaciones listadas arriba han sido utilizados para la realización de esta HHRA, y se presentan de modo resumido en la sección 3.3.1, adelante.

2.3 Identificación de Fuentes de Contaminación

En el Sitio, las principales fuentes de contaminación histórica corresponden a tanques de almacenamiento de combustible y lubricantes, tuberías subterráneas e instalaciones de producción de diferentes empresas petroleras y petroquímicas que operaron hasta el año 2003 (COPEC Combustibles, COPEC Mobil, Shell Combustibles, Shell Lubricantes, Shell Químicos, ESSO y SONACOL). Éstas corresponden a fuentes primarias de impacto, que actualmente no se encuentran activas en el Sitio. A partir de las investigaciones ambientales realizadas se ha podido establecer que estas fuentes han originado impactos por hidrocarburos de petróleo en el suelo y el agua subterránea del Sitio.

En el año 2005 se realizó la extracción de FLNA detectada en el agua subterránea. La recuperación de FLNA se llevó a cabo por un período de aproximadamente 3 años, utilizando *skimmers* y bombas neumáticas. En el año 2008 se realizó una evaluación de movilidad y recuperabilidad, cuyos resultados indicaron que la FLNA residual era no móvil y no recuperable (Arcadis, 2008). En las investigaciones ambientales recientes desarrolladas en el Sitio (Plan de Muestreo) se ha detectado la presencia de FLNA en el Sitio (ver sección 3.3.1.2), lo que constituye una fuente de contaminación del agua subterránea, ya que la FLNA disuelve en el agua subterránea.

El suelo superficial del Sitio fue remediado a partir del año 2009, en el marco del proyecto "Recuperación del Terreno Las Salinas" (sección 1.1). La remediación consistió en la excavación del suelo superficial de 13 áreas y la disposición del mismo fuera del Sitio. El suelo excavado fue reemplazado por suelo limpio, que cumplía con los SSCL[1] determinados por la HHRA realizada en el marco de este estudio (Arcadis, 2004), dando por finalizado el proceso de remediación para el escenario de parques y jardines en el año 2013 (Arcadis, 2013).

En función de estos antecedentes, en la presente HHRA no se considera el suelo superficial como una fuente de contaminación potencial. De acuerdo con los resultados de las investigaciones recientes, las potenciales fuentes secundarias de contaminación en el Sitio son el suelo subsuperficial (profundidad mayor que 1 mbns) y el agua subterránea.

3.0 EVALUACIÓN DE RIESGO A LA SALUD HUMANA

La HHRA puede definirse como una evaluación de los potenciales efectos adversos en la salud humana debido a la exposición de compuestos químicos procedentes de un medio contaminado. La HHRA se llevó a cabo con el objeto de determinar los niveles de riesgo para el Sitio y las zonas fuera de éste que pudieran tener impactos por las antiguas operaciones en el Sitio (Área de Playa y alrededores), y desarrollar SSCL para suelo, agua

[1] En el EIA “Recuperación del Terreno Las Salinas”, los SSCL son identificados con VOC (Valores Objetivo de Concentración)

subterránea y gas de suelo dentro el Sitio. A continuación, una descripción de la metodología de la HHRA para el Sitio y sus alrededores, y los resultados obtenidos.

3.1 Acción Correctiva Basada en Riesgo (RBCA)

La presente HHRA fue desarrollada de acuerdo al procedimiento de acción correctiva basada en riesgos ("RBCA", *Risk-Based Corrective Action*), descritos en la "Guía de Normas para la Acción Correctiva Basada en Riesgos" (ASTM Internacional, 1995) y en la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008). El enfoque HHRA/RBCA es una práctica estándar para la definición de metas de remediación de sitios en Italia, Francia, Alemania, Suecia, Hungría, Australia, EEUU y Canadá. Estas metodologías incluyen los mismos procedimientos que se señalan tanto en la "Guía de Evaluación de Impacto Ambiental Riesgo para la Salud de la Población en el SEIA" (SEA, 2012) como en la "Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes" del (MMA, 2012).

RBCA es un proceso de toma de decisiones para la evaluación de contaminación y para el desarrollo de acciones de respuesta, y su metodología se centra en la protección de la salud humana y de los recursos ambientales. Uno de los pasos de la metodología RBCA es calcular los niveles de remediación o las concentraciones de contaminantes que representan un riesgo aceptable si quedan en el lugar.

El proceso RBCA fue desarrollado como una herramienta que permite asignar recursos limitados (tiempo, dinero, marcos normativos, etc.) a múltiples sitios contaminados, de modo de facilitar la adopción de decisiones innovadoras y efectivas con respecto a los costos (decisiones costo-efectivas), al tiempo que se asegura la protección de la salud humana y los recursos ambientales. Para cumplir este objetivo, el proceso hace énfasis en los siguientes aspectos:

- Integra la evaluación del sitio, la selección de acciones de remediación y el monitoreo del sitio, de modo que la estrategia a desarrollar sea organizada, centrada y consistente.
- Las actividades de evaluación del sitio se enfocan en recolectar información necesaria para tomar decisiones de acciones correctivas basadas en riesgo.
- Estas decisiones de acciones correctivas están basadas en factores sitio-específicos y en metas de cumplimiento enfocadas a alternativas costo-efectivas que tienen una alta probabilidad de lograr una reducción del riesgo apropiada.

El proceso RBCA comprende un método por niveles para la recolección y evaluación de datos. En general, el Nivel 1 (Tier 1) del proceso implica una primera evaluación del sitio y su clasificación inicial en base a niveles de evaluación de riesgo conservadores ("RBSL", *Risk-Based Screening Levels)*, que no son sitio-específicos. En el Nivel 1 (Tier 1) se desarrolla la comparación de datos de concentración medidos en el sitio con valores genéricos de estándares o normas para un determinado uso de terreno (por ejemplo, en Italia, en el Anexo 5 de la Ley de Medio Ambiente se establecen los criterios de calidad del suelo para uso residencial y áreas verdes, comercial e industrial). Los Niveles 2 y 3 (Tier 2 y Tier 3) consideran la evaluación de un sitio utilizando información más específica sobre éste (por ejemplo, profundidad del agua subterránea, velocidad de infiltración), y/o la evaluación de puntos de cumplimiento alternativo (puntos de exposición). El Nivel 3 normalmente comprende análisis más complejos, como una evaluación detallada del sitio, evaluaciones probabilísticas y modelaciones más sofisticadas de comportamiento y transporte de sustancias químicas en el ambiente. En la Figura 1 se presenta un esquema con el diagrama de flujo, representando los diferentes niveles de la RBCA. La presente HHRA se realiza bajo los procesos de los Niveles 1 (Tier 1) y 2 (Tier 2) del RBCA.

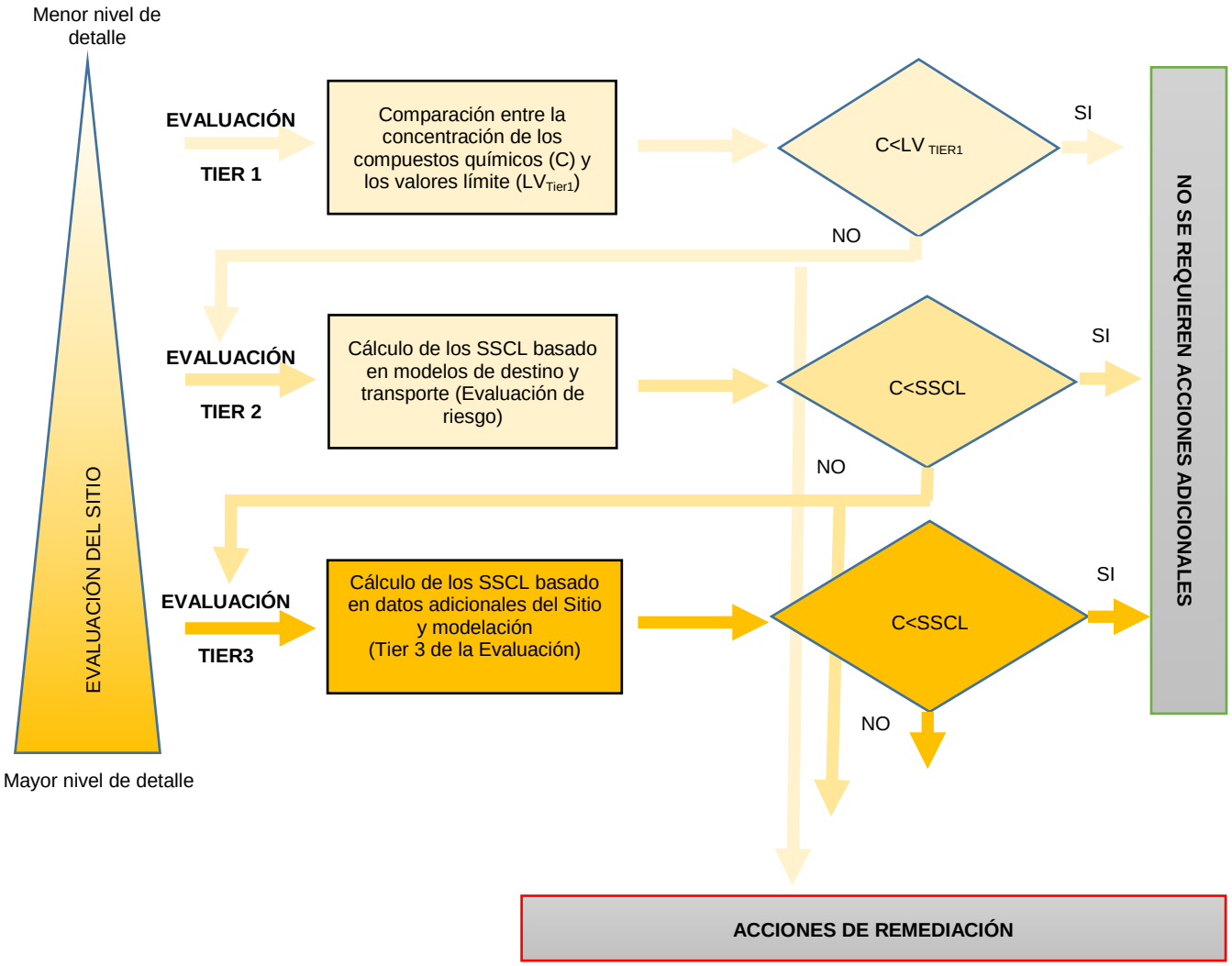


Figura 1: Esquema de los diferentes niveles de la RBCA

El proceso de evaluación de riesgo consiste de 4 pasos básicos:

1) Recopilación y evaluación de datos.
   a) Recopilación y análisis de datos relevantes del sitio.
   b) Identificación de los posibles compuestos de preocupación (COPC).
2) Evaluación de la exposición.
   a) Análisis de mecanismos de liberación contaminantes.
   b) Identificación de las poblaciones expuestas.
   c) Identificación de las potenciales vías de exposición.
   d) Estimación de las concentraciones de exposición para las vías identificadas.
   e) Estimación de la dosis de contaminante para las vías identificadas.
3) Evaluación de la toxicidad.
   a) Recolección de información cualitativa y cuantitativa de toxicidad.

b) Determinación de valores apropiados de toxicidad.

4) Caracterización del riesgo.

a) Caracterización del potencial de que se produzcan de efectos adversos para la salud.

b) Estimación del riesgo de cáncer.

c) Estimación del cociente de peligro de compuestos no cancerígenos.

d) Evaluación de la incertidumbre.

e) Resumen de la información de riesgo.

3.2 Metodología de la Evaluación de Riesgos

En base al proceso de evaluación de riesgos RBCA descrito en la sección 3.1, la metodología implementada para desarrollar la HHRA para el Sitio y sus alrededores correspondió a la siguiente:

- Formulación del problema: recolección y el análisis de los datos del Sitio, identificación de los COPC, determinación de las poblaciones expuestas y de las vías de migración y de exposición,
- Evaluación de peligro/toxicidad: evaluación de la relación dosis-respuesta y la selección de los valores apropiados de toxicidad.
- Evaluación de la exposición: definición de los escenarios de exposición y la evaluación de la relevancia de las vías de exposición para los receptores individuales.
- Caracterización del riesgo: caracterización de potenciales efectos adversos para la salud, estimación de cocientes de riesgo para compuestos cancerígenos y no cancerígenos, evaluación de la incertidumbre y resumen de la información sobre riesgo.
- Desarrollo de criterios de remediación (SSCL): resumen y recomendación de qué compuestos químicos deben ser objetivos de la remediación basada en la salud humana.

Debido a que no existen normas de calidad para el suelo y el agua subterránea en la legislación chilena, para la presente HHRA se realizó una revisión de valores de referencia para suelo y agua subterránea de distintos países, con el fin de seleccionar los valores de referencia para el Tier 1 adecuados para el Sitio. Italia (DLgs 152, 2006), Agencia de Protección del Medio Ambiente de EEUU (“US EPA”, *United States Environmental Protection Agency*; US EPA, 2015), Estado de Texas de EEUU (“TCEQ”, *Texas Commission on Environmental Quality*; TCEQ, 2015), Holanda (*Dutch Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment*, “VROM” por sus siglas en holandés; VROM, 2000) y Australia (“NEPM”, *Australian National Environment Protection Measures*; NEPM, 2011), de acuerdo con la indicación del Decreto Supremo N° 40 del año 2013 “Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental”, Artículo 11 Normas de Referencia (MMA, 2012), y la Guía (MMA, 2012).

Los valores de referencia de los países seleccionados para suelo y agua subterránea se presentan en la Tabla 1 y Tabla 2 a continuación.

Tabla 1: Valores de referencia genéricos para suelo en diferentes países

Grupo	Parámetros analizados en el Sitio	Norma Italiana(1)	US EPA RSLs(2)	Texas PCLs(3)	Holanda(4) valores de intervención	Australia (5)
	Parámetro	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
BTEX	Benceno	0,1	1,2	69	1.1	0,5
	Etilbenceno	0,5	5,8	5.300	110	700
	Tolueno	0,5	4900	5.400	32	220
	Xileno	0,5	580	3.700	17	60
PAH	Antraceno	5	18.000	18.000	40	n.d
	Benzo(a)antraceno	0,5	1,1	41		300
	Benzo(k)fluoranteno	0,5	11	420		0,1
	Benzo(a)pireno	0,1	0,11	41		1
	Benzo(ghi)perileno	0,1	n.d	1.800		0,01
	Criseno	5	110	4100		0,01
	Fluoranteno	5	2400	2.300		n.d
	Indeno(123cd)pireno	0,1	1,1	42		0,1
	Naftaleno	5	3,8	120		9
	Fenantreno	5	n.d.	1700		
TPH ÓRGÁNICO	Hidrocarburos livianos C≤12 (GRO)	10	82	1100	5000	70
	Hidrocarburos C>12 (DRO+ORO)	50	96	2000		240
METALES	Arsenico	20	0,68	24	76	100
	Bario	n.d.	15.000	8.100	625	n.d
	Cromo III	n.d.	120.000	27.000	180	n.d.
	Cromo VI	2	0,3	120	78	100
	Cobre	120	3.100	1.300	190	7.000
	Plomo	100	400	n.d.	530	300
	Mercurio	1	11	2,1	36	n.d
	Níquel	120	1.500	840	100	400
	Vanadio	90	390	75	n.d	n.d
	Zinc	150	23.000	9.900	720	8.000
PESTICIDAS	Aldrin	0,01	0,039	0,59	0.32	7
	DDT	0,01	1,9	5,4	1.7	260
	Dieldrin	0,01	0,034	0,15	n.d	7
	Endrin	0,01	19	9	n.d	10
	Alfa-HCH	0,01	0,086	0,25	17	n.d.
	Beta-HCH	0,01	0,3	0,92	1.6	n.d.
	Gama-HCH	0,01	0,57	1,1	1.2	n.d.
PCB	PCB total	0,06	0,018	1,1	1	1
ESTER FTALATO	Bis-(2-etilhexil)ftalato	10	39	43	60	n.d.
FENOL CLORADO	2-Monoclorofenol	0,5	n.d	n.d	nd	n.d
	Pentaclorofenol	0,01	1	0,73	12	100
	2,3,4-Triclorofenol	n.d.	n.d	n.d	nd	n.d

n.d.: valor de referencia no disponible.
(1) DLgs 152, 2006, Anexo 5; Guías del Instituto Superior de Sanidad de Italia, ISS 2000-2001. Valores de referencia para uso de suelo residencial y áreas verdes.
(2) Regional Screening Levels (RSLs) – Tablas genéricas, US EPA, 2018. Tabla de suelo uso residencial (TR = 1E-06, THQ = 1).
(3) TCEQ, Abril 2018 PCL and Supporting Tables. Suelo uso residencial (comb) – 30 acres de área de fuente.
(4) Dutch Intervention Value (4) Soil Remediation Circular 2009,. Table 1 valores objetivo para agua subterráena y valores de intervención para suelos
(5) NEPM, 2011. Intrusión de vapores – Alta densidad residencial – suelos arenosos – Fuente a 1-2 mbns. For Metales, PAH y pesticidas Tabla 1 A (1) Residencial A.

Tabla 2: Valores de referencia genéricos para agua subterránea en diferentes países

Grupo	Lista de parámetros analizados en el Sitio	Norma Italiana(1) (µg/L)	US EPA RSLs(2 (µg/L)	Texas PCLs(3) (µg/L)	Holanda(4) Valor objetivo (µg/L)	Australia (5) (µg/L)
BTEX	Benceno	1	0,46	23.000	30	800
	Etilbenceno	50	1,5	3.800.000	150	n.l
	Tolueno	15	1.100	8.200.000	1.000	n.l
	Xileno	10	190	1.300.000	70	n.l
PAH	Antraceno	5	1.800	n.d	5	n.d
	Benzo(a)antraceno	0,1	0,03	n.d	0.5	n.d
	Benzo(k)fluoranteno	0,05	2,5	18.000.000	0.05	n.d
	Benoz(a)pireno	0,01	0,025	3.800	0.05	n.d
	Benzo(ghi)perileno	0,01	n.d	n.d	0.05	n.d
	Criseno	5	25	110.000.000	0.2	n.d
	Fluoranteno	5	800	n.d	1	n.d
	Indeno(123cd)pireno	0,1	0,25	1.800.000	0.05	n.d
	Naftaleno	5	0,17	41.000	70	n.d
	Fenantreno	5	n.d	n.d	5	n.d
TPH ÓRGÁNICO	Hidrocarburos livianos C≤12 (GRO)	350	100	230.000	600	1.000
	Hidrocarburos pesados C>12 (DRO+ORO)		n.d.	970.000		1.000
METALES	Arsenico	10	0,052	n.d	60	n.d
	Bario	n.d.	3.800	n.d	625	n.d
	Cromo III	n.d.	22.000	n.d	n.d.	n.d
	Cromo VI	5	0,035	n.d	n.d.	n.d
	Cobre	1.000	800	n.d	75	n.d
	Plomo	10	15	n.d.	75	n.d
	Mercurio	1	0,63	940	n.d	n.d
	Níquel	20	820	n.d.	75	n.d
	Vanadio	n.d.	86	n.d.	n.d.	n.d
	Zinc	3.000	6000	n.d.	800	n.d
PESTICIDAS	Aldrin	0,03	0,00094	570	n.d	n.d
	DDT	0,1	0,23	81.000	n.d	n.d
	Dieldrin	0,1	0,0018	16.000	n.d	n.d
	Endrin	0,2	2,3	n.d	n.d	n.d
	Alfa-HCH	0,1	0,0072	20.000	n.d	n.d
	Beta-HCH	0,1	0,025	150.000		n.d
	Gama-HCH	0,1	0,042	n.d		n.d
PCB	PCB total	0,01	0,0026	380	0,01	n.d
ESTER FTALATO	Bis-(2-etilhexil)ftalato	n.d.	5,6	n.d	n.d	n.d
FENOL CLORADO	2-Monoclorofenol	180	n.d	n.d	100	n.d
	Pentaclorofenol	0,5	0,041	n.d	3	n.d
	2,3,4-Triclorofenol	n.d.	n.d	n.d	10	n.d

n.d.: valor de referencia no disponible. n.l.: no limitante.
(1) DLgs 152, 2006, Anexo 5; Guías del Instituto Superior de Sanidad de Italia, ISS 2000-2001.
(2) Regional Screening Levels (RSLs) – Tablas Genéricas, US EPA, 2018. Tabla de agua uso potable – (TR = 1E-06, THQ = 1).
(3) TCEQ, April 2018 PCL and Supporting Tables. Tabla 3, Agua subterránea residencial (inhalación) – 30 acres de área de fuente.

Los valores de referencia internacionales para suelo y agua subterránea Tabla 1 y Tabla 2, fueron analizados con el objeto de identificar una lista de valores de Tier 1 apropiada para el presente proyecto. Del análisis, se puede observar que los valores para Tier 1 establecidos por el Anexo 5 de la Ley de Medio Ambiente de Italia ("DLgs 152/2006", en adelante referido indistintamente como norma italiana), son en general más conservadores, y por tanto, fueron seleccionados para este proyecto. Para aquellos compuestos que el Anexo 5 de la DLgs 152/2006 no cuenta con valor de referencia, se utilizó los valores de referencia establecidos por las guías del Instituto Superior de Sanidad de Italia ("ISS"; ISS, 2000-2001).

Cabe destacar que los valores de referencia italianos fueron establecidos del siguiente modo: "*se hizo una comparación con los límites establecidos para cierto conjunto de sustancias a nivel internacional y luego, mediante modelos matemáticos de evaluación de riesgos, se verificó que los valores de concentración seleccionados garantizaran la salud humana y del medio ambiente, incluso en el 'peor caso' como, por ejemplo, ingestión del suelo, contacto dermal, inhalación de vapores, ingreso a la cadena alimentaria a través del agua potable, todo al mismo tiempo*" (ISS, 2008).

En la norma italiana se establecieron niveles de referencia genéricos para 2 usos de suelo distintos: comercial/industrial y residencial/áreas verdes. Estos valores se presentan en la Tabla 3, a continuación, acompañados de los valores de referencia para el agua subterránea. Para los efectos de la presente HHRA, se usaron los valores para uso del suelo residencial/áreas verdes, considerando las propuestas para el futuro uso del suelo del Sitio.

Como se mencionó en la sección 3.1, el primer nivel del proceso de RBCA es la comparación de los valores de Tier 1 seleccionados (Tabla 3), con los resultados de los compuestos de interés ("CDI"); es decir, aquellos compuestos analizados en el suelo y el agua subterránea del Sitio y que están relacionados a las operaciones pasadas. Aquellos CDI que en las investigaciones ambientales recientes presentaron detecciones que superan los valores de Tier 1, son seleccionados como potenciales COPC del área de estudio, y son considerados en el desarrollo de la presente HHRA.

Tabla 3: Valores italianos de Tier 1 para suelo y agua subterránea

Grupo	Lista completa de parámetros analizados en el Sitio	Valor de referencia suelo residencial/área verde (mg/kg)	Valor de referencia suelo comercial /industrial (mg/kg)	Valor de referencia agua subterránea todos los usos (µg/L)
BTEX	Benceno	0,1	2	1
	Etilbenceno	0,5	50	50
	Tolueno	0,5	50	15
	Xileno	0,5	50	10
PAH	Antraceno	5(1)	50*	5*
	Benzo(a)antraceno	0,5	10	0,1
	Benzo(k)fluoranteno	0,5	10	0,05
	Benoz(a)pireno	0,1	10	0,01
	Benzo(ghi)perileno	0,1	10	0,01
	Criseno	5	50	5
	Fluoranteno	5(1)	50*	5*
	Indeno(123cd)pireno	0,1	5	0,1
	Naftaleno	5(1)	50*	5*
	Fenantreno	5(1)	50*	5*
TPH ÓRGÁNICO	Hidrocarburos livianos C≤12 (GRO)	10	250	350
	Hidrocarburos pesados C>12 (DRO+ORO)	50	750	
METALES	Arsénico	20	50	10
	Bario	n.d.	n.d.	n.d.
	Cromo III	n.d.	n.d.	n.d.
	Cromo VI	2	15	5
	Cobre	120	600	1.000
	Plomo	100	1.000	10
	Mercurio	1	5	1
	Níquel	120	500	20
	Vanadio	90	250	n.d.
	Zinc	150	1.500	3.000
PESTICIDAS	Aldrin	0,01	0,1	0,03
	DDT	0,01	0,1	0,1
	Dieldrin	0,01	0,1	0,03
	Endrin	0,01	2,0	0,1
	Alfa-HCH	0,01	0,1	0,1
	Beta-HCH	0,01	0,5	0,1
	Gama-HCH	0,01	0,5	0,1
PCB	PCB total	0,06	5	0,01
ESTER FTALATO	Bis-(2-etilhexil)ftalato	10	60	n.d.
FENOL CLORADO	2-Monoclorofenol	0,5	25	180
	Pentaclorofenol	0,01	5	0,5
	2,3,4-Triclorofenol	n.d.	n.d.	n.d.

n.d.: valor de referencia no disponible.
(1) : Valor de referencia definido por guías del Instituto Superior de Sanidad de Italia (ISS, 2000-2001).

Para el cálculo de los niveles de riesgo y de los SSCL (Tier 2 del proceso RBCA) se utilizó el programa RISC5 (*Risk Integrated Software for Cleanups*), versión 5, desarrollado por *BP Oil International* (RISC5 2011; BP Oil International 2001). Se seleccionó este programa porque fue desarrollado para la evaluación de riesgo en suelos y agua subterránea en sitios contaminados con hidrocarburos de petróleo (desde estaciones de servicio hasta refinerías). Para calcular los niveles de riesgo y los SSCL se utilizaron los modelos de comportamiento y transporte contenidos en el programa RISC. El programa contiene modelos de comportamiento y transporte de compuestos en la zona vadosa (o zona no saturada), zona saturada y el aire, con los que se calculan las concentraciones puntuales del receptor. Finalmente, el RISC calcula la evaluación de exposición, la evaluación de la toxicidad y la caracterización del riesgo, siguiendo los procedimientos establecidos por la "Guía Metodológica para la Evaluación de Riesgo" de US EPA (US EPA, 1989) y la norma ASTM (ASTM Internacional, 1995).

3.3 Formulación del Problema

La formulación del problema considera la evaluación de las fuentes de contaminación, los COPC, las vías de migración y la población expuesta. Este paso lleva a la definición del Modelo Conceptual del Sitio ("MCS").

3.3.1 Recolección y Análisis de Muestras Ambientales

Todos los CDI analizados en las muestras de suelo, agua subterránea y gas de suelo del Sitio y sus alredededores recolectadas durante el desarrollo de las investigaciones ambientales recientes (sección 2.2), fueron evaluados para seleccionar las sustancias para identificar los potenciales COPC, en función de los siguientes criterios:

- La frecuencia de detección del compuesto en la matriz ambiental considerada (por ejemplo, suelo o agua subterránea) es mayor que cero.
- La concentración detectada del compuesto químico excede los valores de referencia del Tier 1 (Anexo 5 del DLgs 152,2006).

En las secciones a continuación, se presenta un resumen de los resultados de las investigaciones ambientales desarrolladas en el Sitio y sus alrededores y la comparación con los valores de Tier 1 (norma italiana), para suelo y agua subterránea. Para el gas de suelo, la norma italiana no posee valores de referencia, por lo que los resultados obtenidos se utilizan directamente para el desarrollo de la HHRA (Tier 2 del proceso RBCA).

El plano con la localización de los puntos de muestreo para cada matriz ambiental se presenta en EL Apéndice A, Figura 2.

3.3.1.1 Caracterización del Suelo dentro del Sitio

En esta sección se presenta un resumen de los resultados de calidad de suelo para las muestras recolectadas dentro del Sitio durante el Plan de Muestreo Las Salinas (máximas concentraciones detectadas y número de muestras analizadas), y los porcentajes de excedencias, calculados como número de muestras con detecciones que exceden el valor de referencia de Tier 1 respecto del número total de muestras recolectadas (Tabla 4). No se incluye en esta Tabla muestras sobre la ladera localizada en el sector suroriente del Sitio ni tampoco muestras en la estación de servicio COPEC, ya que no es parte del Sitio.

Tabla 4: Resumen de excedencias de Tier 1 en muestras de suelo dentro del Sitio

Grupo	Parámetro	Valor de referencia suelo (mg/kg)(1)	Concentración máxima (mg/kg)	Excedencias		N° muestras analizadas
				N°	%(2)	
BTEX	Benceno	0,1	2,0	4	0,7%	568
	Etilbenceno	0,5	13	5	0,9%	568
	Tolueno	0,5	0,38	0	0%	568
	Xilenos totales	0,5	2,3	10	1,8%	568
PAH	Antraceno	5*	0,42	0	0%	568
	Benzo(a)antraceno	0,5	1,6	1	0,2%	568
	Benzo(k)fluoranteno	0,5	1,1	1	0,2%	568
	Benzo(a)pireno	0,1	1,8	4	0,7%	568
	Benzo(g,h,i)perileno	0,1	1,3	8	1,4%	568
	Criseno	5	1,9	0	0%	568
	Fluoranteno	5*	3,4	0	0%	568
	Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,1	1,0	8	1,4%	568
	Naftaleno	5*	49	26	4,6%	568
	Fenantreno	5*	15	18	3,2%	568
TPH	Hidrocarburos livianos C≤12 (GRO)	10	2.600	82	14,4%	568
	Hidrocarburos pesados C>12 (DRO+ORO)	50	23.980	199	35,0%	568
METALES	Arsenico	20	9,8	0	0%	568
	Bario		220			568
	Cromo III		64			568
	Cromo VI	2	32	1	0,2%	568
	Cobre	120	650	3	0,5%	568
	Plomo	100	1.200	3	0,5%	568
	Mercurio	1	0,49	0	0%	568
	Níquel	120	17	0	0%	568
	Vanadio	90	250	11	1,9%	568
	Zinc	150	95	0	0%	568
PESTICIDAS	Aldrin	0,01	1,3	3	0,9%	341
	DDT	0,01	0,045	5	1,5%	341
	Dieldrin	0,01	1,1	8	2,3%	341
	Endrin	0,01	1,5	3	0,9%	341
	Alfa-HCH	0,01	0,0065	0	0%	341
	Beta-HCH	0,01	0,053	2	0,6%	341
	Gama-HCH	0,01	0,001	0	0%	341
PCB	PCB total	0,06	0,26	2	0,5%	423
ESTER FTALATO	Bis-(2-etilhexil)ftalato	10	6,3	0	0%	568
FENOL CLORADO	2-Monoclorofenol	0,5	<1,70	0	0%	568
	Pentaclorofenol	0,01	0,45	6	1,1%	568
	2,3,4-Triclorofenol		<1,70			568

(1) Anexo 5 del DLgs 152/2006. (2) El número de muestras con excedencias está calculado en base a las muestras que presentan detección mayor que el valor de referencia (celdas con sombreado verde). * : Valor de referencia definido por guías del Instituto Superior de Sanidad de Italia (ISS, 2000-2001).
Celdas sombreadas en gris indican que se excede el valor del Tier 1.
Celda en blanco: valor de referencia no disponible.

Los resultados completos de esta campaña de muestreo de suelo subsuperficial se encuentran en el Anexo 3.5 del presente EIA.

3.3.1.2 Caracterización del Agua Subterránea dentro del Sitio

A continuación se presenta un resumen de los resultados de calidad de agua subterránea para las muestras recolectadas dentro del Sitio durante el Plan de Muestreo 2015-2016 (máximas concentraciones detectadas y número de muestras analizadas), y los porcentajes de excedencias, calculados como número de muestras con detecciones que exceden el valor de referencia de Tier 1 respecto del número total de muestras recolectadas (Tabla 5). No se incluye en esta Tabla muestras en la estación de servicio COPEC, ya que no es parte del Sitio.

Adicionalmente, en la Tabla 6 se presenta el resumen de los muestreos complementarios de agua subterránea realizados dentro del Sitio (Campaña 2 de junio de 2016 y Campaña 3 de mayo de 2018). Estos se realizaron con el fin de obtener información de las fracciones de hidrocarburos alifáticos y aromáticos para los cuales existen valores de toxicidad de referencia y que son necesarios para la evaluación de riesgo de los hidrocarburos totales de petróleo TPH (ver Sección 4.3.1). Cabe señalar que no existe un valor de concentración Tier 1 en la norma italiana para este tipo de compuestos.

Tabla 5: Resumen de excedencias de Tier 1 en muestras de agua subterránea dentro del Sitio

Grupo	Parámetro	Valor de referencia agua subterránea (µg/L)(1)	Concentración máxima (µg/L)	Excedencias		N° muestras analizadas
				N°	%(2)	
BTEX	Benceno	1	7,2	14	21,5%	65
	Etilbenceno	50	13	0	0%	65
	Tolueno	15	5,4	0	0%	65
	Xilenos totales	10	28	2	3,1%	65
PAH	Antraceno	5*	<0,2	0	0%	65
	Benzo(a)antraceno	0,1	<0,9	0	0%	65
	Benzo(k)fluoranteno	0,05	0,72	2	3,1%	65
	Benzo(a)pireno	0,01	1	1	1,5%	65
	Benzo(g,h,i)perileno	0,01	1,2	2	3,1%	65
	Criseno	5	<0,95	0	0%	65
	Fluoranteno	5*	<0,18	0	0%	65
	Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,1	2,1	2	3,1%	65
	Naftaleno	5*	330	31	47,7%	65
	Fenantreno	5*	8	4	6,2%	65
TPH	Suma-TPH (DRO+GRO+ORO)	350	70.000	60	92,3%	65
METALES	Arsenico	10	70	9	13,9%	65
	Bario		320			65
	Cromo III		19			65
	Cromo VI	5	940	1	1,5%	65
	Cobre	1.000	55	0	0%	65
	Plomo	10	12	5	7,7%	65
	Mercurio	1	0,16	0	0%	65
	Níquel	20	47	3	4,6%	65
	Vanadio		28			65
	Zinc	3.000	57	0	0%	65
PESTICIDAS	Aldrin	0,03	0,51	1	2,0%	49
	DDT	0,1	<0,0085	0	0%	49
	Dieldrin	0,03	0,0047	0	0%	49
	Endrin	0,1	0,28	2	4,1%	49
	Alfa-HCH	0,1	<0,0078	0	0%	49
	Beta-HCH	0,1	<0,012	0	0%	49
	Gama-HCH	0,1	<0,01	0	0%	49
PCB	PCB total	0,01	<0,13	0	0%	51
ESTER FTALATO	Bis-(2-etilhexil)ftalato		62			65
FENOLCLORADO	2-Monoclorofenol	180	<11	0	0%	65
	Pentaclorofenol	0,5	5,4	3	4,6%	65
	2,3,4-Triclorofenol		<10			65

(1) Anexo 5 del DLgs 152/2006. (2) El número de muestras con excedencias está calculado en base a las muestras que presentan detección mayor que el valor de referencia (celdas con sombreado verde). * : Valor de referencia definido por guías del Instituto Superior de Sanidad de Italia (ISS, 2000-2001). Celda en blanco: valor de referencia no disponible.

Tabla 6: Resumen de concentraciones de fracciones de hidrocarburos en muestras de agua subterránea dentro del Sitio

Parámetro	Muestreo 2015		Campaña 2 Muestreo junio 2016		Campaña 3 Muestreo mayo 2018	
	Número de muestras	Concentración máxima (µg/L)	Número de muestras	Concentración máxima (µg/L)	Número de muestras	Concentración máxima (µg/L)
TPH alifático C10-C12	25	300	66	<300	68	350
TPH aromático C10-C12	25	370	66	330	68	950
TPH alifático C12-C16	25	640	66	2.000	68	2.100
TPH aromático C12-C16	25	800	66	750	68	1.400
TPH alifático C16-C21	25	440	66	1.900	68	2.400
TPH aromático C16-C21	25	<610	66	1.000	68	1.100
TPH alifático C21-C35	25	1600	66	<300	68	580
TPH alifático C5-C6	25	<610	66	<300	68	710
TPH alifático C6-C8	25	<610	66	630	68	1.200
TPH aromático C21-C35	25	<610	66	<300	68	<300
TPH aromático C7-C8	25	3.700	66	<300	68	<300
TPH alifático C8-C10	25	310	66	<300	68	<300
TPH aromático C8-C10	25	<610	66	<300	68	<300

En las tres campañas de muestreo de agua subterránea se ha detectado la presencia de FLNA en tres pozos instalados dentro del Sitio. El resumen de los pozos, los espesores aparentes registrados y el nivel freático medido se presentan en la Tabla 7 a continuación.

Tabla 7: Resumen de registros de FLNA en los pozos de monitoreo del Sitio entre 2015 y 2018.

Pozo de monitoreo y paño del Sitio	PDM 2015-2016		Muestreo complementario junio 2016		Muestreo complementario mayo 2018	
	Espesor aparente (cm)	Nivel freático (mbns)	Espesor aparente (cm)	Nivel freático (mbns)	Espesor aparente (cm)	Nivel freático (mbns)
PO-C03, Paño Norte	8,8	6,304	<0,1*	6,36	<0,1*	6,118
PO-D03, Paño Norte	<0,1*	6,58	ND	6,81	<0,1*	6,474
PO-F11B, Paño Norte	16,5	7,08	0,5	7,295	ND	6,223

* Corresponde a detección de película iridiscente, se estima espesor aparente inferior a 1 mm.
ND: No se detecta FLNA.
Nivel freático medido a boca de pozo.

Tal como se observa en la Tabla anterior, sólo se ha detectado presencia de FLNA en pozos de monitoreo ubicados en el Paño Norte del Sitio. En las tres campañas de monitoreo las detecciones son en los mismos pozos, observándose variaciones que se consideran normales, considerando las fluctuaciones de los niveles del agua subterránea.

3.3.1.3 Caracterización del Gas de Suelo dentro del Sitio

En la Tabla 8, a continuación, se presentan las concentraciones máximas detectadas en las muestras de gas de suelo colectadas dentro del Sitio en marzo 2016. Como se mencionó anteriormente, para el gas de suelo, la norma italiana no posee valores de referencia, por lo que los resultados obtenidos se utilizan directamente para el desarrollo de la HHRA (Tier 2 del proceso RBCA).

Tabla 8: Concentraciones máximas detectadas en el gas de suelo del Sitio

Grupo	Parámetro	Concentración máxima (µg/m^3)	Punto de medición	N° de muestras analizadas *
BTEX	Benceno	100	B12-SG	46
	Etilbenceno	34	C17-SG	46
	Tolueno	350	E13-SG	46
	Xilenos total	290	C17-SG	46
PAH	Naftaleno	9,8	C02-SG	46
TPH	Alifáticos C05-06	640	E13-SG	46
	Alifáticos C06-08	1.500	F10-SG	46
	Alifáticos C08-10	2.600	E13-SG	46
	Alifáticos C10-12	9.600	E13-SG	46
	Alifáticos C12-16	1.500	H15-SG	46
	Aromáticos C07-08	350	E13-SG	46
	Aromáticos C08-C10	440	C17-SG	46
	Aromáticos C10-12	<210	todos los puntos	46
	Aromáticos C12-16	<210	todos los puntos	46

* : para las muestras de gas de suelo se consideraron los duplicados en el número de muestras analizadas.

Los resultados completos de esta campaña de muestreo de gas de suelo se encuentran en el Anexo 3.7 del presente EIA.

3.3.1.4 Caracterización del Suelo en Área de Playa

En esta sección se presenta un resumen de los resultados de calidad de suelo para las muestras recolectadas en el Área de Playa durante el Plan de Muestreo (máximas concentraciones detectadas y número de muestras analizadas), y los porcentajes de excedencias, calculados como número de muestras con detecciones que exceden el valor de referencia de Tier 1 respecto del número total de muestras recolectadas(Tabla 9).

Los resultados completos de esta campaña de muestreo se encuentran en el Anexo 3.5 del presente EIA.

Tabla 9: Resumen de excedencias de Tier 1 en muestras de suelo en Área de Playa

Grupo	Parámetro	Valor de referencia suelo (mg/kg)(1)	Concentración máxima (mg/kg)	Excedencias		N° muestras analizadas
				N°	%(2)	
BTEX	Benceno	0,1	<0,11	0	0%	76
	Etilbenceno	0,5	<0,063	0	0%	76
	Tolueno	0,5	<0,1	0	0%	76
	Xilenos totales	0,5	0,0015	0	0%	76
PAH	Antraceno	5*	1,1	0	0%	76
	Benzo(a)antraceno	0,5	<0,86	0	0%	76
	Benzo(k)fluoranteno	0,5	1,2	1	1,3%	76
	Benzo(a)pireno	0,1	2,5	1	1,3%	76
	Benzo(g,h,i)perileno	0,1	1,5	2	2,6%	76
	Criseno	5	0,24	0	0%	76
	Fluoranteno	5*	4,5	0	0%	76
	Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,1	1,3	1	1,3%	76
	Naftaleno	5*	0,98	0	0%	76
	Fenantreno	5*	2	0	0%	76
TPH	TPH GRO	10	1.000	14	18,4%	76
	TPH DRO+ORO	50	5.920	22	28,9%	76
METALES	Arsenico	20	13	0	0%	76
	Bario		40			76
	Cromo III		22			76
	Cromo VI	2	<4,3	0	0%	76
	Cobre	120	63	0	0%	76
	Plomo	100	33	0	0%	76
	Mercurio	1	0,068	0	0%	76
	Níquel	120	11	0	0%	76
	Vanadio	90	18	0	0%	76
	Zinc	150	98	0	0%	76
ESTER FTALATO	Bis-(2-etilhexil)ftalato	10	0,076	0	0%	76
FENOL CLORADO	2-Monoclorofenol	0,5	<0,4	0	0%	76
	Pentaclorofenol	0,01	0,15	1	1,3%	76
	2,3,4-Triclorofenol		<4			76

Las celdas combreadas indican excedencia del valor de referencia.
(1) Anexo 5 del DLgs 152/2006. (2) El número de muestras con excedencias está calculado en base a las muestras que presentan detección mayor que el valor de referencia (celdas con sombreado verde). * : Valor de referencia definido por guía del Instituto Superior de Sanidad de Italia (ISS, 2000-2001). Celda en blanco: valor de referencia no disponible.

3.3.1.5 Caracterización de Gas de Suelo en Área de Playa y Alrededores del Sitio

En la Tabla 10, a continuación, se presenta un resumen de los resultados de gas de suelo para las 6 muestras recolectadas cerca de la losa de establecimientos comerciales ubicadas en el Área de Playa y en la estación de servicio (ubicada en el límite surponiente del Sitio). Como se mencionó anteriormente, para el gas de suelo, la norma italiana no posee valores de referencia, por lo que los resultados obtenidos se utilizan directamente para el desarrollo de la HHRA (Tier 2 del proceso RBCA).

Tabla 10: Concentraciones máximas detectadas en gas de suelo en Área de Playa y alrededores

Grupo	Parámetro	Concentración máxima (µg/m³)	Punto de medición	N° de muestras analizadas *
BTEX	Benceno	10	Z08-SG	9
	Etilbenceno	19	Z22-SG	9
	Tolueno	36	Z22-SG	9
	Xilenos totales	140	Z22-SG	9
PAH	Naftaleno	5,3	Z01-SG	9
TPH	Alifático C05-06	610	A20-SG	9
	Alifático C06-08	7.700	A20-SG	9
	Alifático C08-10	260	A20-SG	9
	Alifático C10-12	600	A20-SG	9
	Alifático C12-16	170	Z08-SG	9
	Aromático C07-08	<210	todos los puntos	9
	Aromático C08-C10	220	A20-SG	9
	Aromático C10-12	<210	todos los puntos	9
	Aromático C12-16	<210	todos los puntos	9

* : para las muestras de gas de suelo se consideraron los duplicados en el número de muestras analizadas.

Debido a que la estación de servicio COPEC fue considerada históricamente como parte del Sitio en EIA anteriores, durante el desarrollo del Plan de Muestreo se tomaron muestras en sus terrenos. Las investigaciones ambientales en la estación de servicios incluyeron muestras de suelo, gas de suelo y agua subterránea. Debido a que la única ruta de exposición completa para los potenciales receptores es la inhalación de vapores en espacios abiertos y espacios cerrados (ver sección 3.3.3), los cálculos de riesgo para los usuarios presentes (uso actual de la estación de servicio), se fundamentaron en los resultados de gas de suelo. En la Tabla 11, a continuación, se presentan los resultados de gas de suelo para las 4 muestras recolectadas en los terrenos de la estación de servicio COPEC.

Tabla 11: Concentraciones máximas detectadas en gas de suelo en estación de servicio COPEC

Grupo	Parámetro	Concentración máxima (µg/m³)	Punto de medición	N° de muestras analizadas
BTEX	Benceno	6,9	A03-SG	4
	Etilbenceno	16	A03-SG	4
	Tolueno	56	A05-SVE-SG-01	4
	Xilenos totales	120	A03-SG	4
PAH	Naftaleno	360	A05-SVE-SG-01	4
TPH	Alifático C05-06	400	A03-SG	4
	Alifático C06-08	<170	todos los puntos	4
	Alifático C08-10	360	A05-SVE-SG-01	4
	Alifático C10-12	2.200	A05-SVE-SG-01	4
	Alifático C12-16	490	A05-SVE-SG-01	4
	Aromático C07-08	<170	todos los puntos	4
	Aromático C08-C10	240	A05-SVE-SG-01	4
	Aromático C10-12	360	A05-SVE-SG-01	4
	Aromático C12-16	<170	todos los puntos	4

Nota: muestras recolectadas en puntos A03 y B03 fueron tomadas adyacentes a edificios existentes en la estación de servicio.

Los resultados completos de estas campañas de muestreo de gas de suelo se encuentran en el Anexo 3.7 del presente EIA.

3.3.1.6 Caracterización de Agua Subterránea en la Zona de Rompiente de Playa

En esta sección se presenta el resumen de las 2 campañas de muestreo de muestreo de agua subterránea en la zona de rompiente del Área de Playa (máximas concentraciones detectadas y número de muestras analizadas), y los porcentajes de excedencias, calculados como número de muestras con detecciones que exceden el valor de referencia de Tier 1 respecto del número total de muestras recolectadas (Tabla 12). Las muestras fueron tomadas a una distancia de 4 a 5 m desde la orilla del mar, procurando estar en una zona donde el agua subterránea se encuentra a aproximadamente 1 a 2 mbns y puede ocurrir filtración del agua subterránea en la arena de playa (y no dentro del mar), lo que podría dar origen a la exposición por contacto directo con el agua subterránea para los usuarios recreacionales considerados en la presente HHRA (como por ejemplo, un niño haciendo hoyos en la arena).

Tabla 12: Resumen de excedencias de Tier 1 en muestras de agua subterránea en Zona de rompiente de Área de Playa

Grupo	Parámetro	Valor de referencia agua subterránea (µg/L)(1)	Concentración máxima (µg/L)	Excedencias		N° muestras analizadas
				N°	%(2)	
BTEX	Benceno	1	<0,38	0	0%	12
	Etilbenceno	50	<0,70	0	0%	12
	Tolueno	15	<0,70	0	0%	12
	Xilenos totales	10	<1,6	0	0%	12
PAH	Antraceno	5*	0,055	0	0%	7
	Benzo(a)antraceno	0,1	0,018	0	0%	7
	Benzo(k)fluoranteno	0,05	<0,0085	0	0%	7
	Benzo(a)pireno	0,01	0,011	1	8,3%	7
	Benzo(g,h,i)perileno	0,01	0,0074	0	0%	7
	Criseno	5	0,022	0	0%	7
	Fluoranteno	5*	0,075	0	0%	7
	Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,1	<0,0066	0	0%	7
	Naftaleno	5*	0,08	0	0%	12
	Fenantreno	5*	0,19	0	0%	7
TPH	Suma-TPH (DRO+GRO+ORO)	350	<100	0	0%	5
	TPH total (fracciones alifáticos+aromáticos)		<50	0	0%	12
PESTICIDAS	Aldrin	0,03	<0,0012	0	0%	5
	Dieldrin	0,03	<0,0012	0	0%	5
	Endrin	0,1	<0,0012	0	0%	5
PCB	PCB total	0,01	< 0,012	0	0%	7
ESTER FTALATO	Bis-(2-etilhexil)ftalato		<2,0			5
FENOL CLORADO	Pentaclorofenol	0,5	0,074	0	0%	7

(1) Anexo 5 del DLgs 152/2006. (2) El número de muestras con excedencias está calculado en base a las muestras que presentan detección mayor que el valor de referencia (celdas con sombreado verde). ** : Valor de referencia definido por guía del Instituto Superior de Sanidad de Italia (ISS, 2000-2001). Celda en blanco: valor de referencia no disponible.

Los resultados completos de esta campaña de muestreo se encuentran en el Anexo 3.7 del presente EIA.

3.3.2 Compuestos de Potencial Preocupación (COPC)

La selección de los COPC para el desarrollo de la HHRA se centró en aquellos compuestos químicos analizados en las investigaciones ambientales recientes que presentaron detecciones y cuya concentración excedió el valor de Tier 1 (sección 3.3.1), y que además cumplieron con los siguientes 2 criterios:

- El compuesto es suficientemente volátil (específicamente para los escenarios de inhalación de vapores).
- La literatura internacional dispone de un valor de referencia toxicológico (“TRV”, *Toxicological Reference Value*) para el compuesto, para las vías de exposición consideradas (por ejemplo, inhalación o contacto dermal). El detalle de las vías consideradas se en cuentra en la seccion 3.3.3 de este informe.
- La muestra es representativa para los receptores presentados en la sección 3.3.3 de este informe

En la Tabla 13, a continuación, se presenta para cada uno de los CDI los criterios de selección de los COPC..

Tabla 13: Compuestos seleccionados como compuestos de potencial preocupación (COPC) en la evaluación de riesgos

Parámetro	Inhalación de vapores		Contacto directo con el agua subterránea en la playa	Contacto directo con el suelo en la playa	Exposición etapa construcción/remediación, contacto directo con suelo
	Suelo no saturado	Agua subterránea	Agua subterránea	Suelo no saturado	Suelo no saturado
Muestras consideradas	**Todas**	**Todas**	**Muestras rompiente**	**Sólo 0-2 mbns****	**Todas**
Benceno	**X**	**X**	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)	**X**
Etilbenceno	**X**	**X***	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)	**X**
Tolueno	**X***	**X***	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)	**X***
Xilenos total	**X**	**X**	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)	**X**
Antraceno	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<Tier 1)
Benzo(a)antraceno	n.c. (no volátil)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	**X**
Benzo(k)fluoranteno	n.c. (no volátil)	n.c. (no volátil)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)	**X**
Benzo(a)pireno	n.c. (no volátil)	n.c. (no volátil)	**X**	n.c. (C<LD)	**X**
Benzo(g,h,i)perileno	n.c. (no TRV)	n.c. (no TRV)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.c. (no TRV)
Criseno	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<Tier 1)
Fluoranteno	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<Tier 1)
Indeno(1,2,3-cd)pireno	n.c. (no volátil)	n.c. (no volátil)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)	**X**
Naftaleno	**X**	**X**	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	**X**
Fenantreno	n.c. (no TRV)	n.c. (no TRV)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (no TRV)
TPH	**X**	**X**	n.c. (C<LD)	**X**	**X**
Arsenico	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (no volátil)	n.a.	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<Tier 1)
Bario	n.c. (no Tier 1)	n.c. (no Tier 1)	n.a.	n.c. (noTier 1)	n.c. (no Tier 1)
Cromo III	n.c. (no Tier 1)	n.c. (no Tier 1)	n.a.	n.c. (no Tier 1)	n.c. (no Tier 1)
Cromo VI	n.c. (no volátil)	n.c. (no volátil)	n.a.	n.c. (C<LD)	**X**
Cobre	n.c. (no volátil)	n.c. (C<Tier 1)	n.a.	n.c. (C<Tier 1)	**X**
Plomo	n.c. (no volátil)	n.c. (no volátil)	n.a.	n.c. (C<Tier 1)	**X**
Mercurio	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<Tier 1)	n.a.	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<Tier 1)
Níquel	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (no volátil)	n.a.	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<Tier 1)
Vanadio	n.c. (no volátil)	n.c. (no Tier 1)	n.a.	n.c. (C<Tier 1)	**X**
Zinc	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<Tier 1)	n.a.	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<Tier 1)
Aldrin	**X**	**X**	n.c. (C<LD)	n.a.	**X**
DDT	n.c. (no volátil)	n.c. (C<LD)	n.a.	n.a.	**X**
Dieldrin	**X**	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.a.	**X**
Endrin	n.c. (no volátil)	n.c. (no volátil)	n.c. (C<LD)	n.a.	**X**
Alfa-HCH	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.a.	n.a.	n.c. (C<Tier 1)
Beta-HCH	n.c. (no volátil)	n.c. (C<LD)	n.a.	n.a.	**X**
Gama-HCH	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.a.	n.a.	n.c. (C<Tier 1)
PCB (Aroclor 1260)	**X**	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)	n.a.	**X**

Parámetro	Inhalación de vapores		Contacto directo con el agua subterránea en la playa	Contacto directo con el suelo en la playa	Exposición etapa construcción/remediación, contacto directo con suelo
	Suelo no saturado	Agua subterránea	Agua subterránea	Suelo no saturado	Suelo no saturado
Muestras consideradas	**Todas**	**Todas**	**Muestras rompiente**	**Sólo 0-2 mbns****	**Todas**
Bis-(2-etilhexil)ftalato	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (no Tier 1)	n.c. (no Tier 1 y C<LD)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<Tier 1)
2-Monoclorofenol	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)	n.a.	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)
Pentaclorofenol	n.c. (no volátil)	n.c. (no volátil)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	**X**
2,3,4-Triclorofenol	n.c. (no Tier 1 y C<LD)	n.c. (no Tier 1 y C<LD)	n.a.	n.c. (no Tier 1 y C<LD)	n.c. (no Tier 1 y C<LD)

X: compuesto seleccionado para desarrollo de la Evaluación de Riesgos.
C<Tier 1: concentración menor que Tier 1.
C<LD: concentración menor que límite de detección.
no volátil: compuesto orgánico no es suficientemente volátil (US EPA, 2004a), y por tanto, no se considera en el escenario de exposición de inhalación. Los metales no son volátiles excepto mercurio.
n.a.: compuesto no analizado.

n.c.: compuesto no considerado para esta vía de exposición.
no TRV: en la literatura internacional no existe un valor de referencia toxicológico para la vía de exposición (contacto dermal o inhalación) de este compuesto.
no Tier 1: no existe un valor de referencia (Tier 1) para este compuesto.
* : estos compuestos no presentaron excedencias respecto del Tier 1 en estas matrices, pero igualmente se consideran como COPC por estar relacionados con las actividades industriales históricas del Sitio.
** : para la vía de exposición de contacto dermal con suelo del Área de Playa sólo se consideraron resultados de muestras recolectadas hasta 2 metros de profundidad (0-2 mbns).

Los compuestos señalados en la Tabla 13 como no volátiles no fueron considerados en la vía de evaluación de inhalación de vapores. De acuerdo con las guías internacionales, se considera que estos compuestos no son suficientemente volátiles porque su constante de Ley de Henry es igual o menor que 1E-05 atm-m^3/mol (US EPA, 2004a), y/o porque no son suficientemente tóxicos para la exposición por la vía de inhalación, debido a que la concentración de vapor del compuesto puro no representa un riesgo incremental de cáncer mayor a 1E-06 (US EPA, 2004a).

Teniendo en cuenta este criterio, los compuestos como DDT, Beta-HCH, pentaclorofenol e indeno (1,2,3- cd) pireno, no se incluyeron en la evaluación porque su constante de la Ley de Henry es inferior a 1E- 05 atm-m^3/mol. Así mismo, los compuestos tales como el fenantreno, a pesar de ser suficientemente suficientemente volátiles (H> 1E- 05 atm-m3 / mol) no se incluyeron en la evaluación de riesgos porque no hay datos toxicológicos disponibles en las bases de datos internacionales, como el US EPA IRIS (Sistema Integrado de Información sobre Riesgos), EPA California, Comisión de Texas para la Calidad Ambiental (TCEQ), etc.

Otros compuestos, como benceno, aldrín, dieldrín y PCB, considerados lo suficientemente volátiles y tóxicos para potencialmente constituir un riesgo inaceptable por inhalación de vapores (US EPA, 2004a), han sido incluidos en la presente HHRA. La selección de los COPC es consistente con la Guía técnica OSWER[2] para la evaluación y mitigación de la vía de exposición de inhalación de vapores desde una fuente subsuperficial hacia el aire interior de edificaciones (US EPA, 2015).

Los riesgos de explosión por metano no se incluyeron en la evaluación debido a que no fue detectado durante las campañas de muestreo de gas del suelo (Golder, 2016).

[2] Office of Solid Waste and Emergency Response (Oficina de Residuos Sólidos y Respuesta a Emergencias)

3.3.3 Determinación de los Potenciales Receptores y Vías de Exposición y Vías de Migración

En la actualidad, el Sitio se encuentra desocupado, salvo por un edificio de oficinas en el extremo Norte y garitas de guardias en diferentes ubicaciones. Los receptores potenciales son los guardias de seguridad y trabajadores de la oficina administrativa. En el Área de Playa adyacente al Sitio existen actualmente establecimientos comerciales (un restaurant pequeño en la zona Norte del Área de Playa, varios quioscos pequeños y una heladería en construcción), y colindante a la esquina surponiente del Sitio se ubica la estación de servicio de PETROBRAS. Adyacente el límite norponiente del Sitio se ubican las oficinas de COPEC y su estación de servicios.

El proyecto de redesarrollo futuro del Sitio podría incluir edificios residenciales, comerciales y de equipamiento, de acuerdo a la autorizado por el Plan Regulador Comunal de Viña del Mar.

La ubicación de los actuales y futuros receptores en el Sitio y sus alrededores se muestra en el Apéndice A, Figura 1.

En función de los usos actuales y futuros del Sitio y sus alrededores, se han seleccionado los potenciales receptores para la HHRA, los que se presentan en la Tabla 14. Los criterios para la selección de las vías de exposición se basan en los principios básicos de una HHRA, es decir, la presencia de receptores y/o la existencia de vías de exposición entre los receptores y las fuentes de contaminación.

En base a las fuentes de contaminación secundarias[3] identificadas para el área de estudio (suelo y agua subterránea) y las propiedades fisicoquímicas de los COPC seleccionados, en la HHRA se han considerado las siguientes vías potenciales de migración de compuestos desde la fuente hasta el receptor:

- Volatilización desde el suelo o el agua subterránea e intrusión de vapores en espacios cerrados (espacios interiores).
- Volatilización desde el suelo o el agua subterránea y dispersión de vapores en la atmósfera (espacios abiertos).
- Migración en el agua subterránea de compuestos solubles en agua.

Los receptores y las vías de exposición identificados dentro del Sitio son:

- Futuros residentes, que podrían estar expuestos a la inhalación de vapores en espacios interiores o espacios abiertos, provenientes del suelo y el agua subterránea impactados.
- Trabajadores actuales (de oficinas administrativas y guardias de seguridad) y futuros de los establecimientos comerciales y de equipamiento en el Sitio, que podrían estar expuestos a inhalación de vapores dentro de los establecimientos (espacios interiores), provenientes del suelo y el agua subterránea impactados.
- Futuros trabajadores en los subterráneos dentro del Sitio de servicios comerciales y equipamiento, que podrían estar expuestos a inhalación de vapores en los subterráneos (espacios interiores), provenientes del suelo y el agua subterránea.

[3] Fuente primaria de contaminación: se refiere a contaminantes emitidos directamente por una fuente. Fuente secundaria de contaminación: se refiere a un contaminante que no es emitido directamente, sino del resultado de una liberación al medio ambiente (suelo y/o agua subterránea impactados). Actualmente en el Sitio sólo existen fuentes secundarias.

- Futuros transeúntes y residentes que circulen por las calles y áreas verdes (parques) del Sitio, que podrían estar expuestos a la inhalación de vapores en espacios abiertos, provenientes del suelo y el agua subterránea impactados.
- Futuros trabajadores de la construcción durante las obras del proyecto de remediación (también aplicable a cualquier obra o actividad de construcción dentro el Sitio). Potencialmente expuestos por contacto directo con suelo impactado (contacto dermal e ingestión accidental[4]) y por inhalación de vapores en espacios abiertos, provenientes del suelo y el agua subterránea impactados.
- Futuros supervisores de las obras del proyecto de remediación (también aplicable a cualquier obra o actividad de construcción dentro el Sitio), trabajando en oficinas en la superficie del suelo, sin subterráneo. Potencialmente expuestos por inhalación de vapores en espacios cerrados, provenientes del suelo y el agua subterránea.

Los receptores y las vías de exposición identificados en los alrededores del Sitio son:

- Trabajadores actuales y futuros de los establecimientos comerciales colindantes al Sitio y en el Área de Playa, que podrían estar expuestos a inhalación de vapores dentro de los establecimientos (espacios interiores), provenientes del suelo y el agua subterránea impactados.
- Usuarios recreacionales de la playa y la costanera, potencialmente expuestos por contacto dermal con el agua subterránea y el suelo, y por inhalación de vapores en espacios abiertos provenientes del suelo y el agua subterránea impactados.

En la Tabla 14 continuación, un resumen de los potenciales receptores y las vías de exposición identificados en la presente HHRA.

[4] El riesgo asociado a la vía de exposición de inhalación de polvo es varios órdenes de magnitud menor que el riesgo relacionado con el contacto dermal y la ingestión de suelo. Por tanto, para este escenario, se asume que la vía de ingestión accidental de suelo incluye la inhalación de polvo.

Tabla 14: Selección de los receptores humanos y vías de exposición

Receptor potencial	Vías de exposición	Fundamento	Considerado en la evaluación
Dentro del Sitio			
Residente	Inhalación de vapores en espacios interiores	Vapores del subsuelo (suelo y agua subterránea) que potencialmente ingresan a edificios.	Si
	Inhalación de vapores en espacios abiertos	Vapores del subsuelo (suelo y agua subterránea) que potencialmente dispersan a la atmósfera.	Si
	Uso de agua en espacios interiores y exteriores de edificaciones	No se registran pozos de abastecimiento de agua subterránea en el Sitio ni aguas debajo de éste y no se prevé que el acuífero poco profundo y restringido por la DGA sea usado para suministro de agua potable u otros usos. En Viña del Mar, específicamente en los alrededores del Sitio, el agua potable es suministrada por el servicio de acueducto municipal y no de los pozos de agua subterránea.	No
Trabajadores en establecimientos dentro del Sitio (establecimientos comerciales, administrativos y de equipamiento)	Inhalación de vapores en espacios interiores	Vapores del subsuelo (suelo y agua subterránea) que potencialmente ingresan a edificios.	Si
Transeúnte y residente	Inhalación de vapores en espacios abiertos	Vapores del subsuelo (suelo y agua subterránea) que potencialmente dispersan a la atmósfera a lo largo de las veredas de las calles y áreas verdes.	Si
	Ingestión accidental de suelo	El suelo superficial del Sitio fue remediado a partir del año 2009 y no se considera como una fuente de contaminación potencial. El suelo superficial cumple con los SSCL determinados para el escenario de parques y jardines (HHRA, Arcadis, 2013); por lo tanto, la vía de exposición es incompleta.	No
	Contacto dermal con el suelo		No
Trabajador de la construcción	Inhalación de vapores en espacios abiertos	Vapores del subsuelo (suelo y agua subterránea) que potencialmente dispersan a la atmósfera. Contacto directo e ingestión de suelo subsuperficial impactado durante excavaciones y obras de construcción.	Si
	Ingestión accidental de suelo		Si
	Contacto dermal con el suelo		Si
	Inhalación de partículas	El riesgo debido a la inhalación de partículas suele ser despreciable en comparación con la exposición a la ingestión del suelo y el contacto dérmico. Adicionalmente, el suelo del sitio está conformado principalmente por arena gruesa, lo que representa un menor riesgo por partículas, con un contenido orgánico muy bajo y, por lo tanto, con una menor capacidad para retener/adsorber contaminantes. Por consiguiente, la vía de exposición no se incluyó en la evaluación.	No
	Contacto dermal con el agua subterránea	El contacto dermal con el agua subterránea durante los trabajos de remediación/construcción no fue considerada una vía de exposición potencial para el Sitio, toda vez que los trabajadores no excavarán manualmente hasta la franja capilar, y por tanto, no entrarán en contacto con el agua subterránea.	No
	Inhalación de vapores en espacios interiores	Vapores del subsuelo (suelo y agua subterránea) que potencialmente ingresan a oficinas instaladas en el Sitio (1 piso, sin subterráneo), para la supervisión de obras.	Si

Receptor potencial	Vías de exposición	Fundamento	Considerado en la evaluación
Alrededores del Sitio			
Trabajadores en establecimientos fuera del Sitio (establecimientos comerciales y de equipamiento)	Inhalación de vapores en espacios interiores	Vapores del subsuelo (suelo y agua subterránea) que potencialmente ingresan a edificios.	Si
	Inhalación de vapores en espacios abiertos	Vapores del subsuelo (suelo y agua subterránea) que potencialmente se dispersan a la atmósfera. El riesgo para la salud humana se evaluó para el escenario de espacios interior (dentro de edificios), los que también protegen al trabajador en los espacios exteriores.	No
Usuario recreacional	Inhalación de vapores en espacios abiertos	Vapores del suelo y agua subterránea que dispersan a la atmósfera en la playa y en la costanera del Área de Playa.	Si
	Contacto dermal con suelo y agua subterránea	El suelo que excede los valores Tier 1 se ha detectado principalmente a profundidades mayores de 2,0 m. De forma muy conservadora se asume que el usuario recreacional podría tener contacto directo con suelo en la playa y con agua subterránea cuando la filtración del agua ocurre en la playa y no dentro del mar, por ejemplo, mientras se juega con la arena de la playa haciendo huecos.	Si
	Ingestión accidental de suelo	El suelo que excede los valores de Tier 1 se detecta a una profundidad mayor de 2 m. La vía de exposición es incompleta.	No
	Contacto dermal con agua subterránea de personas nadando	Existe un amplio poder de dilución de las concentraciones de contaminantes en el mar y se detecta impacto despreciable en la zona de rompiente durante la marea baja. La vía de exposición es incompleta.	No

3.3.4 Modelo Conceptual del Sitio y sus Alrededores (MCS)

El MCS es la representación integrada de la información física y ambiental del área de estudio, incluyendo las vías de exposición completas y potencialmente completas, y el potencial de comportamiento y transporte de los contaminantes en el área de estudio. En base al MCS se pueden evaluar las actividades necesarias para eliminar las fuentes de contaminación o las vías de migración de contaminantes. Por último, el MCS es una herramienta para la definición de las estrategias de remediación.

El MCS proporciona un método para evaluar las vías de exposición mediante la descripción de las relaciones entre los 3 componentes del riesgo: fuentes de contaminación, vías de migración y receptores. Mediante el MCS se puede describir la ubicación de las fuentes de contaminación, las potenciales vías de transporte de los contaminantes, la localización de los puntos de exposición, así como los tipos de receptores y las potenciales vías de exposición.

De este modo, basándose en las condiciones específicas de un área de estudio, el MCS queda resumido en términos de fuentes de contaminación (primarias y secundarias), vías de migración y exposición, y receptores; tal como se detalla a continuación para el área de estudio.

- Las fuentes de contaminación primarias identificadas son las actividades industriales históricas de las plantas de almacenamiento de combustibles y petroquímicas.
- Las fuentes secundarias de contaminación son el suelo superficial y subsuperficial; y el agua subterránea impactados.
- Los receptores potenciales son los residentes, los trabajadores dentro del Sitio (establecimientos comerciales y de equipamiento), los trabajadores fuera del Sitio (establecimientos comerciales y de equipamiento), los usuarios recreacionales de la playa, los transeúntes y los trabajadores de la construcción.
- Las potenciales vías de exposición que se infieren para dentro del Sitio son:
  - Inhalación en espacios interiores de compuestos volátiles provenientes del suelo subsuperficial y el agua subterránea y que ingresan en espacios interiores.
  - Inhalación en espacios abiertos de compuestos volátiles provenientes del suelo subsuperficial y el agua subterránea, y que se dispersan en la atmósfera del Sitio a lo largo de las veredas de las calles y sobre las áreas de verdes (parques) del Sitio, y en excavaciones de las obras de remediación.
  - Ingestión accidental y contacto dermal con el suelo.
- Las potenciales vías de exposición que se infieren para fuera del Sitio en la playa son:
  - Inhalación en espacios interiores de compuestos volátiles provenientes del agua subterránea y el suelo subsuperficial y que ingresan en espacios interiores.
  - Inhalación en espacios abiertos de compuestos volátiles provenientes del agua subterránea y el suelo subsuperficial, y que se dispersan a la atmósfera.
  - Contacto dermal con el suelo superficial al jugar en la playa.
  - Contacto dermal con el agua subterránea al jugar en la orilla de la playa.

El MCS para el presente estudio se presenta a continuación de modo esquemático. En la Figura 2 se presenta el MCS para los escenarios de exposición dentro del Sitio, y en la Figura 3, para los alrededores del Sitio.

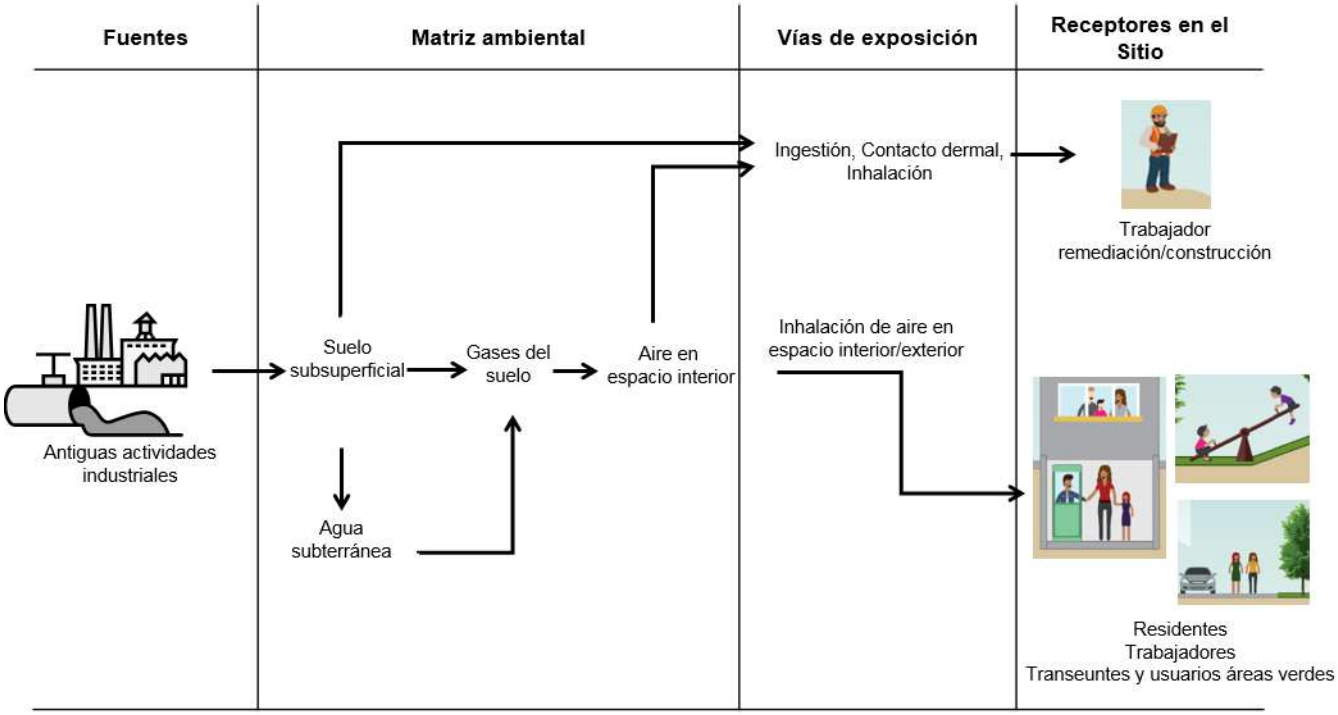


Figura 2: Modelo Conceptual del Sitio para exposición dentro del Sitio.

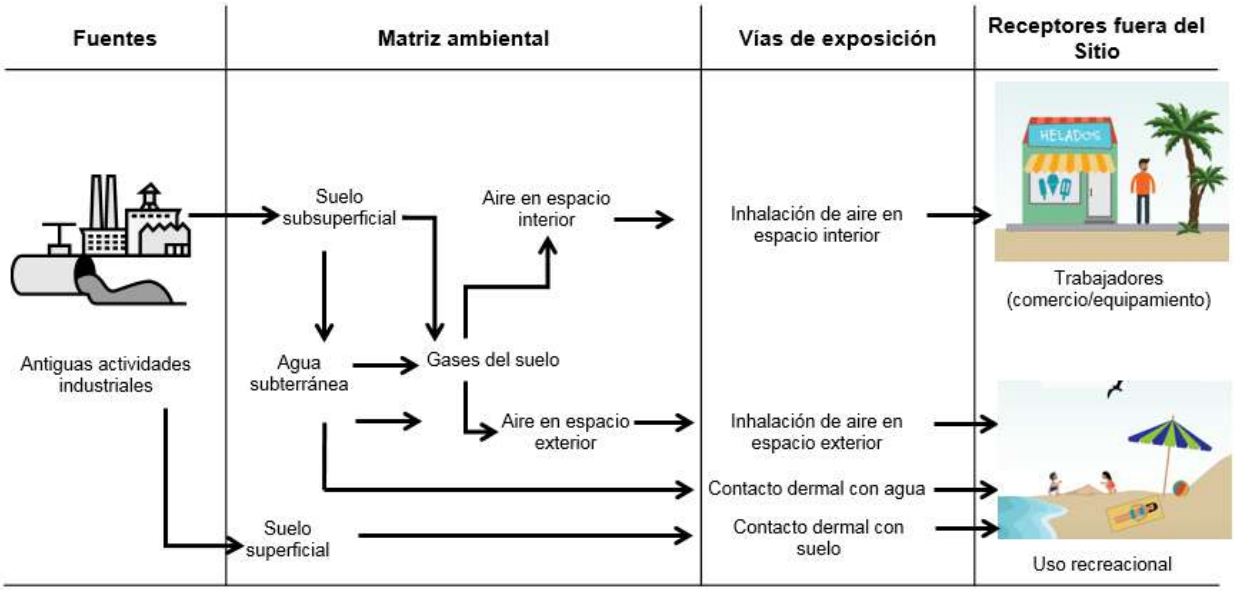


Figura 3: Modelo Conceptual del Sitio para exposición en los alrededores del Sitio.

3.4 Evaluación de la Toxicidad

La evaluación de la toxicidad proporciona una estimación de cuánta exposición a un compuesto puede ocurrir sin producir efectos inaceptables para la salud, tomando como base una exposición de por vida (o parte importante de la vida). Igualmente, proporciona una base para predecir las tasas de exposición. La evaluación de la toxicidad se realiza para todos los COPC. Según corresponda, para cada escenario de riesgo en evaluación se deben considerar las posibles formas de toxicidad asociadas a las diferentes vías de exposición (por ejemplo, oral o inhalación) y los receptores sensibles.

En una HHRA, la evaluación de la toxicidad tiene diferentes consideraciones dependiendo del tipo de mecanismo de acción de los compuestos químicos en evaluación sobre la salud de las personas. Así, en este caso, se distingue la evaluación de compuestos cancerígenos y no cancerígenos, según se describe en las secciones siguientes.

3.4.1 Clasificación de los Compuestos Cancerígenos

La toxicidad de los compuestos químicos ha sido clasificada en función de su modo de acción; es decir, sustancias con umbral versus sustancias sin umbral. Para aquellas sustancias con umbral de toxicidad (compuestos no cancerígenos), el nivel aceptable de exposición se establece en un nivel igual o por debajo del cual no se prevén efectos adversos para la salud. Para los compuestos químicos sin umbral, se asume teóricamente que cualquier nivel de exposición significa un riesgo potencial, y se utiliza un factor de pendiente o factor de riesgo de cáncer (“SF”, *Slope Factor*) para predecir el riesgo dado por las exposiciones estimadas. Las sustancias cancerígenas que actúan a través de un mecanismo de daño al material genético (como el adenosin trifosfato o ADN) son generalmente consideradas sustancias sin umbral.

3.4.2 Valores de Referencia Toxicológicos

Los valores de referencia toxicológicos (TRV) reflejan el tipo de efecto en la salud (cancerígeno o no cancerígeno) que puede ocurrir después de la exposición a un compuesto químico, así como la duración de la exposición que puede causar estos efectos.

Para los compuestos no cancerígenos, que se asume tienen un efecto de umbral, los TRV son conocidos como dosis de referencia (“RfD”, *Reference Dose*), en unidades de miligramos por kilogramo por día (mg/kg-día). Estos indicadores representan límites de exposición conservadores, bajo los cuales se espera no se produzcan efectos adversos a la salud, en una exposición de por vida. Cuando se desarrollan las RfD para las personas, se extrapolan datos disponibles para animales a los seres humanos, o los datos ocupacionales a los efectos de nivel umbral, aplicando factores de seguridad e incertidumbre (si las exposiciones ocupacionales han producido efectos adversos para la salud). Las exposiciones por sobre la dosis de referencia podrían causar un riesgo a la salud; sin embargo, en los seres humanos el límite al que se tendrá una respuesta tóxica puede ser en realidad mucho más alto que el calculado, toda vez que normalmente se incorporan factores de seguridad del orden de 100 a 1.000 en el cálculo de las RfD. Para la vía de inhalación, los valores de referencia son llamados concentraciones de referencia (“RfC”, *Reference Concentration*), en unidades de mg/metro cúbico (mg/m^3), o también se pueden expresar como Dosis de Referencia para Inhalación (“RfDi”, *Reference Dose for Inhalation*), en unidades de mg/kg-día. La exposición a un compuesto químico en concentraciones mayores que RfDi o RfC puede significar riesgo para la salud.

Para los compuestos cancerígenos, la potencia del cancerígeno normalmente se expresa como un factor de pendiente (SF), que es la tasa de incidencia de cáncer por unidad de dosis (mg/kg-día)$^{-1}$. También se puede expresar como una unidad de factor de riesgo (“URF”, *Unit Risk Factor*), que es la tasa de incidencia de cáncer

por unidad de concentración (por ejemplo, para inhalación $(mg/m^3)^{-1}$). El SF es normalmente resultado de la caracterización de tasas de respuesta observadas en animales o en humanos expuestos ocupacionalmente a dosis elevadas de un compuesto, datos que luego son extrapolados a exposiciones para receptores humanos a bajas dosis en el medio ambiente. En general, se utiliza el límite superior de confianza del SF estimado; es decir, se supone la máxima potencia. Por tanto, es probable que los valores de riesgo incremental de cáncer (ILCR) que se calculan en base a estos indicadores sean estimaciones máximas del verdadero riesgo.

Los compuestos pueden tener diferentes mecanismos de acción toxicológica dependiendo de la vía de exposición (por ejemplo, ingestión, inhalación, contacto dermal). Los TRV suelen desarrollarse para las vías de exposición oral e inhalación, pero normalmente no se desarrollan para la vía de exposición de contacto dermal. La recomendación de la US EPA (2004b) indica que en ausencia de valores de RfD o SF específicos para la vía de contacto dermal, se deben utilizar como TRV los RfD o SF de la vía de exposición oral, suponiendo que la absorción gastrointestinal es 100% (supuesto conservador).

La selección de los TRV para este estudio se realizó a partir de bases de datos internacionales reconocidas a nivel mundial, tal como IRIS-USEPA (2015) y US EPA-IRIS. En la Tabla 15, a continuación, se presenta la clasificación de los compuestos en función de sus características cancerígenas. Los TRV adoptados para cada COPC seleccionado se presentan en, el Apéndice C junto con la fuente de referencia. Todos los valores propuestos son datos toxicológicos publicados. Con respecto al plomo, el valor toxicológico utilizado en la evaluación es la DRf para la ingesta oral publicada por el Instituto Nacional Holandés de Salud Pública y Medio Ambiente (R*ijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu*), 1991, el que está incluido en la base de datos químicos del programa RISC.

Tabla 15: Clasificación de las sustancias según sus propiedades cancerígenas

Parámetro	Clasificación de las propiedades de los compuestos químicos cancerígenos por US EPA (IRIS)	Compuesto es considerado cancerígeno en este estudio	Compuesto es considerado no-cancerígeno en este estudio
Benceno	A	Sí	Sí
Etilbenceno	D	Sí	Sí
Tolueno	D	No	Sí
Xilenos total	D	No	Sí
Benzo(a)antraceno	B2	Sí	no TRV
Benzo(k)fluoranteno	B2	Sí	no TRV
Benzo(a)pireno	B2	Sí	no TRV
Indeno(1,2,3-cd)pireno	B2	Sí	no TRV
Naftaleno	C	Sí	Sí
TPH - fracciones alifáticas aromáticas	D	No*	Sí
Cromo VI	A	Sí	Sí
Cobre	D	No	Sí
Plomo	B2	No	Sí
Vanadio	n.c.	No	Sí
Aldrin	B2	Sí	Sí
DDT	B2	Sí	Sí
Dieldrin	B2	Sí	Sí
Endrin	D	No	Sí
Beta-HCH	C	Sí	Sí
PCB total	B2	Sí	Sí
Pentaclorofenol	B1	Sí	Sí

IRIS-US EPA: Integrated Risk Information System – US Environmental Protection Agency.
Clase A: Cancerígeno en humanos.
Clase B1: Probable cancerígeno humano - basado en evidencia limitada de carcinogenicidad en seres humanos y evidencia suficiente de carcinogenicidad en animales.
Clase B2: Probable cancerígeno humano - basado en evidencia suficiente de carcinogenicidad en animales.
Clase C: Posible cancerígeno humano.
Clase D: No clasificable sobre la carcinogenicidad para seres humanos.
Clase E: Existe evidencia de no carcinogenicidad para los seres humanos.
* : Las fracciones de hidrocarburos totales se consideran no cancerígenas para los seres humanos, aunque algunas sustancias que componen estas fracciones sí se consideran cancerígenas. De hecho, la carcinogenicidad de las sustancias se evalúa individualmente, pero frente a la ausencia de TRV para diferentes fracciones, en el presente estudio sólo se evaluarán riesgos no cancerígenos.
n.c.: no clasificado.
no TRV: en la literatura internacional no existe un valor de referencia toxicológico para la vía de exposición (contacto dermal o inhalación) de este compuesto.
Antraceno, criseno, fluoranteno, bario, cromo III, mercurio, níquel, zinc, alfa-HCH, gama-HCH, 2-monoclofenol, bis-(2-etilhexil)ftalato y 2,3,4-triclorofenol no se presentan en la tabla porque no son considerados compuestos de potencial preocupación (COPC) en el presente estudio.

3.5 Evaluación de la Exposición

Los cálculos de exposición para la presente HHRA se desarrollaron utilizando el programa RISC5. En las siguientes secciones se presentan los modelos de comportamiento y transporte de compuestos químicos en el medio ambiente utilizados por RISC5 y los parámetros de entrada seleccionados para los cálculos con RISC5.

3.5.1 Modelos Utilizados para la Evaluación de la Exposición

Las concentraciones de vapores dentro de los edificios (existentes y futuros) fueron calculadas utilizando los modelos para transporte de vapores desde suelo y agua subterránea, que están incorporados en el programa RISC5.

El modelo de transporte de vapores para el suelo estima las emisiones al interior de un edificio, provenientes de una fuente ubicada debajo o lateralmente colindante con el edificio. Este modelo está basado en la publicación de Johnson y Ettinger "Modelo Eurístico para la Predicción de las Tasas de Intrusión de Vapores Contaminantes en Edificios" (Johnson y Ettinger, 1991). El modelo de Johnson y Ettinger es uno de los modelos más usados internacionalmente para la evaluación de intrusión de vapores. Combina un modelo de transporte de difusión y advección a través del suelo, con un modelo sencillo de transporte a través de la fundación de un edificio.

La advección se produce por una reducción ligera de la presión dentro de un edificio (versus la presión atmosférica). Esta reducción de presión puede ser causada por diferencias de temperatura, cambios de presión barométrica o el viento. El gradiente de presión es uno de los parámetros de entrada del modelo. El flujo volumétrico de gas que ingresa al subterráneo (“Qsuelo”), puede ser especificado por el usuario del programa RISC5 o puede ser calculado a partir del área de fracturas en la losa (“Acrack”), el tipo de suelo y su estratigrafía, la diferencia de presión entre la atmosfera y la presión dentro del edificio, y la geometría del basamento.

El método usado para estimar Qsuelo, es una solución analítica para el flujo bidimensional de gas del suelo a un pequeño drenaje horizontal (Modelo de Fractura Perimetral, Nazaroff 1992). De acuerdo con la guía para la evaluación de intrusión de vapores en edificios de la US EPA (2004a), el uso de este modelo puede ser problemático en cuanto a que los valores de Qsuelo son sensibles a la permeabilidad aire-suelo, y como resultado se puede predecir un amplio rango de flujos. Por tanto, el Qsuelo ha sido estimado mediante un enfoque empírico alternativo, basado en estudios con pruebas de trazabilidad (es decir, enfoque de balance de masa). Cuando el mecanismo principal para la intrusión de un gas trazador en un edificio es la advección, el valor Qsuelo es estimado en base a mediciones de la concentración del gas trazador en el aire interior, el aire exterior y en el vapor del suelo debajo de un edificio, además de la medición de la tasa de ventilación del edificio. Los valores medidos de Qsuelo mediante esta técnica fueron comparados con las tasas estimadas utilizando el Modelo de la Fractura Perimetral, para sitios con suelos gruesos. Las estimaciones del Modelo de la Fractura Perimetral son mayores y menores que los valores medidos, pero en general se encuentran a un orden de magnitud de los valores medidos. Los resultados sugieren que una tasa "típica" para Qsuelo para residencias en suelos gruesos es del orden de 1 a 10 L/min. En el modelo, se seleccionó para el parámetro de entrada Qsuelo los siguientes valores:

- El valor de 0 l / min en las simulaciones para la fuente de suelo y agua subterránea (sin advección, solo difusión), de acuerdo con la Guía para el desarrollo de HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia, (APAT, 2008), considerando los altos supuestos conservadores del modelo y asumiendo ventilación natural en estacionamientos subterráneos en futuros edificios residenciales de altura.

- Como supuesto conservador, el valor predeterminado de 5 L/min (valor medio entre 1 y 10 L/min, y valor sugerido por la US EPA; US EPA, 2004a), para edificios existentes y para edificios residenciales de altura, así como y para oficinas de supervisores de obras, en las simulaciones con datos de gases del suelo.

El modelo de Johnson y Ettinger supone que los compuestos volátiles del subsuelo que migran al interior del edificio son complemente mezclados en el espacio interior del edificio, el que está determinado por el área del edificio y la altura de la zona de mezcla. La altura de la zona mezcla en el edificio depende de un número de factores, tales como la altura del edificio, y el funcionamiento del sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado del edificio ("HVAC", *Central Heating Ventilation and Air-Conditioning*), así como de factores ambientales, como por ejemplo, diferenciales de presión interior-exterior, carga del viento y factores estacionales. Para una casa de un piso, la variación en la altura de la zona de mezcla puede aproximarse a la altura de la habitación. Para un edificio residencial de varios pisos, la altura de la zona de mezcla será mayor para las residencias con sistemas HVAC, que dan origen a una circulación significativa del aire interior (por ejemplo, sistemas de calefacción de aire forzado).

En el modelo, no se considera la biodegradación de los vapores químicos, y se supone que la concentración de la fuente de contaminación es constante y que su valor no decrece con el tiempo. Este es un enfoque conservador para TPH y BTEX.

Las emisiones de vapores de compuestos químicos disueltos en el agua subterránea son estimadas mediante un modelo unidimensional de difusión. Para estimar las propiedades efectivas de difusión, este modelo considera las propiedades de la franja capilar, la zona vadosa (suelo no saturado) y las fundaciones de los edificios. Una vez que se completan estos cálculos, el modelo es idéntico al de Johnson y Ettinger para suelo como fuente de impactos. El modelo no considera la degradación química en la zona vadosa ni la advección dentro del edificio, porque se supone que el problema es dominado por la resistencia a la difusión de franja capilar.

Los parámetros de entrada utilizados para los cálculos de exposición para los diferentes escenarios analizados en la HHRA se presentan en las Tabla 16 a Tabla 19, a continuación:

Tabla 16: Parámetros de entrada para los modelos de intrusión de vapores - escenario uso residencial dentro del Sitio, trabajador de la construcción, recreacional y comercial/equipamiento en los alrededores del Sitio

Parámetro de entrada	Valor	Fundamento
Parámetros de construcción para modelo de aire en espacios interiores		
Espacio interior piso longitud (m)	20	Valor supuesto para un departamento en primer piso (h = 2,44 m) en un edificio residencial de altura, con 1 nivel subterráneo para estacionamiento. La distancia de la losa de fundación del subterráneo a la fuente de suelo es en promedio 3 m (total = 5,44 m); y a la fuente de agua es en promedio 4 m (total = 6,44 m).
Espacio interior piso ancho (m)	20	
Espacio interior piso altura (m) – fuente suelo	5,44	
Espacio interior piso altura (m) – fuente agua subterránea	6,44	
Espacio interior piso longitud (m)	3	Valor supuesto para un establecimiento comercial/equipamiento en un primer piso (h = 3 m) en un edifico residencial de altura con 1 nivel subterráneo para estacionamiento (h = 3 m).
Espacio interior piso ancho (m)	3	
Espacio interior piso altura (m)	6	
Espacio interior piso longitud (m)	3	Valor supuesto para un establecimiento comercial/equipamiento fuera del Sitio, tipo oficina o negocio en el Área de Playa o estación de servicio PETROBRAS (losa de fundación sobre el nivel del suelo, sin subterráneos) y para supervisor de obras.
Espacio interior piso ancho (m)	3	
Espacio interior piso altura (m)	3	
Espacio interior piso longitud (m)	5	Valor supuesto para establecimiento comercial/equipamiento en estación de servicio COPEC (losa de fundación sobre el nivel del suelo, sin subterráneos).
Espacio interior piso ancho (m)	5	
Espacio interior piso altura (m)	3	
Tasa de intercambio de aire en espacios interiores (1/día)	12	Valor conservador para edificio residencial, sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia, basado en valores sugeridos por la US EPA (APAT, 2008).
	20	Valor conservador para edificios comerciales/construcción, sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia, basado en valores sugeridos por la US EPA (APAT, 2008).
Espesor de la fundación (cm)	100	Supuesto para edificio residencial de altura tomando en consideración el tipo de edificación que prima en el sector.
	30	Supuesto para estacionamientos subterráneos, con un guardia de seguridad.
	15	Supuesto para edificios existentes (establecimientos en Área de Playa, estaciones de servicio).
Fracción de grietas en la fundación por superficie (-)	0,0002	Supuesto 2 cm^2 por 1 m^2 para edificio de altura nuevo y para oficina de supervisor de obras (US EPA, 2004a).
	0,002	Supuestos para edificios existentes (más antiguos).
Porosidad en grietas de la fundación (cm^3/cm^3)	0,25	Valor predeterminado de RISC5.
Porosidad rellena de agua en las grietas (cm^3/cm^3)	0	Valor predeterminado de RISC5.

Parámetro de entrada	Valor	Fundamento
Diferencial de presión del suelo de la edificación, deltaP (g/cm².s)	0	Supuesto considerando la ventilación natural en estacionamientos subterráneos en el edificio residencial de altura.
Caudal volumétrico del gas de suelo que ingresa al edificio, Qsuelo (L/min)	5	Valor predeterminado de RISC5, usado para edificios existentes, para edificio residencial de altura y para oficina de supervisor de obras. Valor típico para hogares según mediciones (US EPA 2004a).
Profundidad de la fundación por debajo de la superficie del suelo (cm)	0	Para edificios existentes y oficina de supervisor de obras, no se considera subterráneos.
	400	Para edificios futuros, se supone un edificio de altura con 1 nivel de estacionamiento subterráneo (considerando 3 m de altura y fundación de 1 m de espesor).
Parámetros para la zona no saturada (zona vadosa)		
Tipo de suelo (-)	Arena	Sitio-específico.
Porosidad total (cm^3/cm^3)	0,38	Valor predeterminado de RISC5 para suelos arenosos.
Contenido de agua (cm^3/cm^3)	0,054	Valor predeterminado de RISC5 para suelos arenosos.
Modelación con datos de agua subterránea		
Distancia de la fuente a la fundación del edificio (m)	0,3	Suponiendo que el suelo no saturado será excavado.
Espesor de franja capilar (cm)	17	Valor predeterminado de RISC5 para suelos arenosos.
Contenido de aire en la franja capilar (cm^3/cm^3)	0,12	Valor predeterminado de RISC5 para suelos arenosos.
Modelación con datos de suelo		
Distancia a la fundación del edificio (m)	0,01	Supuesto para edificios de altura.
Fuente de datos para suelo		
Tipo de suelo (-)	Arena	Sitio-específico.
Porosidad total (cm^3/cm^3)	0,38	Valor predeterminado de RISC5 para suelos arenosos.
Contenido de agua (cm^3/cm^3)	0,054	Valor predeterminado de RISC5 para suelos arenosos.
Fracción de carbono orgánico en la fuente (gOC/gsoil)	0,000034	Sitio-específico.
Densidad aparente del suelo (g/cm^3).	1,7	Valor predeterminado de RISC5.

Tabla 17: Parámetros de entrada para el modelo de intrusión de vapores – escenario residencial para residencias adyacentes a las calles del Sitio

Parámetro de entrada	Valor	Fundamento
Parámetros de construcción para modelo de aire en espacios interiores		
Espacio interior piso longitud (m)	20	Valor supuesto para un departamento en primer piso (h = 2,44 m) en un edificio residencial de altura, con 1 nivel subterráneo para estacionamiento (h = 3 m).
Espacio interior piso ancho (m)	20	
Espacio interior piso altura (m)	5,44	
Tasa de intercambio de aire en espacios interiores (1/día)	12	Valor predeterminado para edificio residencial.
Espesor de la fundación (cm)	30	Espesor mínimo para edificio residencial de altura.
Fracción de grietas en la fundación por área (-)	0,0002	Supuesto 2 cm^2 por 1 m^2 para edificio de altura nuevo (US EPA, 2004a).
Porosidad en las grietas de fundación (cm^3/cm^3)	0,25	Valor predeterminado de RISC5.
Porosidad rellena de agua en las grietas (cm^3/cm^3)	0	Valor predeterminado de RISC5.
Caudal volumétrico del gas de suelo que ingresa al edificio, Qsuelo (L/min)	5	Valor típico para hogares según mediciones (US EPA, 2004a).
Parámetros para la zona no saturada (zona vadosa)		
Tipo de suelo (-)	Arena	Sitio-específico.
Porosidad total (cm^3/cm^3)	0,38	Valor predeterminado de RISC5 para suelos arenosos.
Contenido de agua (cm^3/cm^3)	0,054	Valor predeterminado de RISC5 para suelos arenosos.
Datos de la fuente para gas de suelo		
Distancia de la fuente a la fundación del edificio (m)	0,01	Supuesto conservador indicando que los impactos están inmediatos a la losa.
Parámetros para el modelo de aire exterior, espacios abiertos		
Altura del box (m)	2	Valor predeterminado de RISC5.
Longitud del box (m)	30	Adoptado de HHRA anterior
Velocidad del viento (m/s)	3.4	Sitio-específico
Tasa de infiltración (cm/año)	2,6	Se asumió como precipitación anual promedio es 380,9 mm/año. La tasa de infiltración se calcula en base a la formula $I = 0{,}0018\ P^2$
Profundidad hasta la contaminación (m)	1	Se asume considerando el primer metro con suelo limpio (Tier 1)
Espesor de la contaminación	5	La profundidad a la base de la contaminación es igual a la profundidad del agua subterránea

Tabla 18: Parámetros de entrada para el modelo de intrusión de vapores - escenario comercial y de equipamiento en superficie para establecimientos adyacentes a las calles del Sitio

Parámetro de entrada	Valor	Fundamento
Parámetros de construcción para modelo de aire en espacios interiores		
Espacio interior piso longitud (m)	3	Valor supuesto para un negocio u oficina en el primer piso (h = 3 m) en un edificio residencial de altura, con 1 nivel subterráneo para estacionamiento (h = 3 m).
Espacio interior piso ancho (m)	3	
Espacio interior piso altura (m)	6	
Tasa de intercambio de aire en espacios interiores (1/día)	20	Valor conservador para edificios comerciales/construcción, sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia, basado en valores sugeridos por la US EPA (APAT, 2008).
Espesor de la fundación (cm)	30	Espesor mínimo para edificio residencial de altura en su área de estacionamiento.
Fracción de grietas en la fundación por área (-)	0,0002	Supuesto 2 cm^2 por 1 m^2 para edificio de altura nuevo (US EPA, 2004a)
Porosidad en las grietas de fundación (cm^3/cm^3)	0,25	Valor predeterminado de RISC5.
Porosidad rellena de agua en las grietas (cm^3/cm^3)	0	Valor predeterminado de RISC5.
Caudal volumétrico del gas de suelo que ingresa al edificio, Qsuelo (L/min)	5	Valor típico para hogares según mediciones (US EPA 2004a).
Parámetros para la zona no saturada (zona vadosa)		
Tipo de suelo (-)	Arena	Sitio-específico.
Porosidad total (cm^3/cm^3)	0,38	Valor predeterminado de RISC5 para suelos arenosos.
Contenido de agua (cm^3/cm^3)	0,054	Valor predeterminado de RISC5 para suelos arenosos.
Datos de la fuente para gas de suelo		
Distancia de la fuente a la fundación del edificio (m)	0,01	Supuesto conservador indicando que los impactos están inmediatos a la losa.

Tabla 19: Parámetros de entrada para el modelo de intrusión de vapores - escenario comercial y de equipamiento en subterráneo para establecimientos adyacentes a las calles del Sitio

Parámetro de entrada	Valor	Fundamento
Parámetros de construcción para modelo de aire en espacios interiores		
Espacio interior piso longitud (m)	3	Valor supuesto para una oficina o negocio en nivel subterráneo (h = 3 m) en un edificio residencial de altura, con 1 nivel subterráneo para estacionamiento (h = 3 m).
Espacio interior piso ancho (m)	3	
Espacio interior piso altura (m)	3	
Tasa de intercambio de aire en espacios interiores (1/día)	20	Valor predeterminado para establecimiento comercial.
Espesor de la fundación (cm)	30	Espesor mínimo de losa de fundación y muros del estacionamiento subterráneo.
Fracción de grietas en la fundación por área (-)	0,0002	Supuesto 2 cm^2 por 1 m^2 para edificio de altura nuevo (US EPA, 2004ª).
Porosidad en las grietas de fundación (cm^3/cm^3)	0,25	Valor predeterminado de RISC5.
Porosidad rellena de agua en las grietas (cm^3/cm^3)	0	Valor predeterminado de RISC5.
Caudal volumétrico del gas de suelo que ingresa al edificio, Qsuelo (L/min)	5	Valor típico para hogares según mediciones (US EPA 2004c).
Parámetros para la zona no saturada (zona vadosa)		
Tipo de suelo (-)	Arena	Sitio-específico.
Porosidad total (cm^3/cm^3)	0,38	Valor predeterminado de RISC5 para suelos arenosos.
Contenido de agua (cm^3/cm^3)	0,054	Valor predeterminado de RISC5 para suelos arenosos.
Datos de la fuente para gas de suelo		
Distancia de la fuente a la fundación del edificio (m)	0,01	Supuesto conservador indicando que los impactos están inmediatos a la losa.

Tabla 20: Parámetros de entrada para el modelo de intrusión de vapores - escenario supervisor de obras remediación/construcción

Parámetro de entrada	Valor	Fundamento
Parámetros de construcción para modelo de aire en espacios interiores		
Espacio interior piso longitud (m)	3	Valor supuesto para una oficina prefabricada construida con losa sobre el suelo, sin subterráneo.
Espacio interior piso ancho (m)	3	
Espacio interior piso altura (m)	3	
Tasa de intercambio de aire en espacios interiores (1/día)	20	Valor predeterminado para establecimiento.
Espesor de la fundación (cm)	15	Valor predeterminado de RISC5.
Fracción de grietas en la fundación por área (-)	0,002	Supuesto conservador.
Porosidad en las grietas de fundación (cm^3/cm^3)	0,25	Valor predeterminado de RISC5.
Porosidad rellena de agua en las grietas (cm^3/cm^3)	0	Valor predeterminado de RISC5.
Caudal volumétrico del gas de suelo que ingresa al edificio, Qsuelo (L/min)	5	Valor típico para hogares según mediciones (US EPA 2004c).
Parámetros para la zona no saturada (zona vadosa)		
Tipo de suelo (-)	Arena	Sitio-específico.
Porosidad total (cm^3/cm^3)	0,38	Valor predeterminado de RISC5 para suelos arenosos.
Contenido de agua (cm^3/cm^3)	0,054	Valor predeterminado de RISC5 para suelos arenosos.
Datos de la fuente para gas de suelo		
Distancia de la fuente a la fundación del edificio (m)	0,01	Supuesto conservador indicando que los impactos están inmediatos a la losa.

3.5.2 Estimación de la Dosis

Las evaluaciones cuantitativas de la exposición de los receptores fueron desarrolladas utilizando el programa RISC5. Los parámetros de entrada fueron seleccionados en base a los datos de la US EPA (1991, 2004b), con el fin de reflejar adecuadamente las condiciones conservadoras.

Para análisis determinísticos, se han desarrollado valores predeterminados para una exposición máxima razonable (“RME”, *Reasonable Maximum Exposure*) y una exposición típica, para adultos, niños, trabajadores y transeúntes. El término RME fue originalmente utilizado por la US EPA para referirse a percentil 85-95 de exposición al tener una distribución probabilística acumulada de valores de exposición (US EPA 1991, 2004b). Se considera, por tanto, un escenario de exposición conservador, y es frecuentemente utilizado como una base para los cálculos de riesgo (por ejemplo, en el desarrollo de valores de Tier 1 para un proceso RBCA).

En la Tabla 21, a continuación, se detallan los parámetros definidos para la exposición y los criterios de selección. Para algunos parámetros de exposición se utilizaron valores sitio-específicos. El detalle de los datos de parámetros de exposición y referencias del RISC5 se presentan en el Apéndice B.

Tabla 21: Parámetros de exposición para los receptores seleccionados

Residente niño	Valor	Referencia (*)
Tiempo de vida (año)	70	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Peso corporal (kg)	15	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Duración de la exposición (año)	6	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Frecuencia de exposición (día/ año)	350	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Tasa de inhalación (m^3/h)	0,625	Valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Tiempo en espacios interiores (h/día)	24	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Residente adulto	**Valor**	**Referencia**(*)
Tiempo de vida (año)	70	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Peso corporal (kg)	70	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME.
Duración de la exposición (año)	24	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Frecuencia de exposición (día/ año)	350	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Tasa de inhalación (m^3/h)	0,625	Valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Tiempo en espacios interiores (h/día)	24	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Trabajador comercial, equipamiento, supervisión obras (dentro y fuera del sitio)	**Valor**	**Referencia(*)**
Tiempo de vida (año)	70	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Peso corporal (kg)	70	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME.

Duración de la exposición (año)	25	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Frecuencia de exposición (día/ año)	250	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Tasa de inhalación (m^3/h)	0,83	Valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Tiempo en espacios interiores (h/día)	9	Valor sitio-específico basado en normativa chilena.
Trabajador de la construcción	**Valor**	**Referencia(*)**
Tiempo de vida (año)	70	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Peso corporal (kg)	70	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME.
Duración de la exposición (año)	10	Supuesto conservador de tiempo de trabajo en el Sitio (remediación/construcción).
Frecuencia de Exposición (día/ año)	250	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Tasa de inhalación (m^3/h)	2,5	Valor conservador para actividad física intensa, sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia, basado en valores sugeridos por la US EPA (APAT, 2008).
Tiempo en espacios exteriores (h/día)	9	Valor sitio-específico basado en normativa chilena.
Tasa de ingestión de suelo (mg/día)	50	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008).
Superficie total de piel (cm^2)	2.290	Valor sitio-específico considerando trabajador con vestimenta de manga larga y exposición sólo en manos y cabeza. Área calculada en base a valores sugeridos por ASTM (1995).
Factor de adherencia suelo/piel (mg/cm^2)	0,07	Valor predeterminado de RISC5 para exposición típica , basado en guías US EPA.
Usuario recreacional niño	**Valor**	**Referencia(*)**
Ciclo de vida (año)	70	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Peso corporal (kg)	15	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Duración de la exposición (año)	6	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Frecuencia de exposición a inhalación (día/ año)	350	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008).

Tasa de inhalación (m^3/h)	0,625	Valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Tiempo en espacios exteriores (h/día)	6	Supuesto conservador sitio-específico para el tiempo en la playa.
Tiempo en contacto con el agua (h/día)	2,6	Valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Frecuencia de exposición al agua (eventos/año)	20	Valor sitio-específico supuesto entre RME (36) y exposición típica (5) en guías US EPA para nado en aguas superficiales. La exposición sitio-específica no considera el nado en el agua superficial, sino que el contacto con el agua subterránea, mientras se juega en la orilla de la playa (por ejemplo, haciendo hoyos o "piscinas" en la arena).
Superficie total de piel expuesta al agua (cm^2)	3.330	Valor en base al valor predeterminado de RISC5, para RME para personas nadando. La exposición sitio-específica no considera el nado en el agua superficial, sino que el contacto con el agua subterránea, mientras se juega en la orilla de la playa; por lo tanto, el valor predeterminado se reduce considerando que el porcentaje promedio de la superficie de la piel expuesta durante las actividades al aire libre es del 38% (US EPA, 2011).
Superficie total de piel expuesta al suelo (cm^2)	1.820	Valor predeterminado de RISC5 para exposición típica, basado en guías US EPA para contacto con suelo.
Factor de adherencia suelo/piel (mg/cm^2)	1	Valor predeterminado de RISC5 para RME.
Usuario recreacional adulto	**Valor**	**Referencia(*)**
Ciclo de vida (año)	70	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Peso corporal (kg)	70	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME.
Duración de la exposición (año)	24	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008) y valor predeterminado de RISC5 para RME.
Frecuencia de exposición a inhalación (día/ año)	350	Valor sugerido por la Guía para HHRA de la Agencia de Medio Ambiente de Italia (APAT, 2008).
Tasa de inhalación (m^3/h)	0,83	Valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Tiempo en espacios exteriores (h/día)	6	Supuesto conservador sitio-específico para el tiempo en la playa.
Tiempo en contacto con el agua (h/día)	2,6	Valor predeterminado de RISC5 para RME, basado en guías US EPA.
Frecuencia de exposición al agua (eventos/año)	20	Valor sitio-específico supuesto entre RME (36) y exposición típica (5) en guías US EPA para nado en aguas superficiales. La exposición sitio-específica no considera el nado en el agua superficial, sino que el contacto con el agua subterránea, mientras se juega en la orilla de la playa (por ejemplo, haciendo hoyos o "piscinas" en la arena).

Superficie total de piel expuesta al agua (cm²)	8.740	Valor calculado en base al valor predeterminado de RISC5, para RME para personas nadando. La exposición sitio-específica no considera el nado en el agua superficial, sino que el contacto con el agua subterránea, mientras se juega en la orilla de la playa; por lo tanto, el valor predeterminado se reduce considerando que el porcentaje promedio de la superficie de la piel expuesta durante las actividades al aire libre es del 38% (US EPA, 2011).
Superficie total de piel expuesta al suelo (cm²)	3.120	Valor predeterminado de RISC5 para exposición típica, basado en guías US EPA para contacto con suelo.
Factor de adherencia sedimento/piel (mg/cm²)	1	Valor predeterminado de RISC5 para RME.

RME: exposición máxima razonable. RISC5: Programa computacional de Riesgos Integrados para Saneamientos (Risk Integrated Software for Cleanups), version 5. US EPA: Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos. (*) Guías US EPA (1991, 2004b).

3.6 Caracterización del Riesgo

La caracterización del riesgo es la etapa final en el proceso de una HHRA, en la que se integra la evaluación de las vías de exposición y la toxicidad.

3.6.1 Compuestos No Cancerígenos

Para cada vía de exposición, se compara la estimación de dosis de exposición (dosis estimada, "D") con la RfD de los compuestos no cancerígenos. La razón entre D y RfD equivale al cociente de peligro ("HQ", *Hazard Quotient*), el que se calcula como se muestra en la siguiente ecuación:

$$HQ_{ij} = \frac{D_{ij}}{RfD_{ij}}$$

Dónde: HQ_{ij} = cociente de peligro de un compuesto químico *i,* para la vía de exposición *j* (adimensional).

D_{ij} = dosis de exposición en el área de estudio para un compuesto químico *i* ajustada a la absorción relativa, para la vía de exposición *j* (mg/kg-día).

RfD_{ij} = dosis de referencia para un compuesto químico *i,* para la vía de exposición *j* (mg/kg-día).

Los riesgos para un mismo compuesto químico se supone que son aditivos para las múltiples vías de exposición, por lo que el riesgo total asociado a compuestos no cancerígenos se estima mediante la siguiente sumatoria:

$$HIi = \sum HQij$$

Dónde: HI_i = índice de peligro para un compuesto *i.*

HQ_{ij} = cociente de peligro para un compuesto químico *i,* para la vía de exposición *j* (adimensional).

Un HI menor que 1 (uno) indica que la exposición estimada no representa riesgo potencial a la salud. Este valor se utiliza tanto para HI para la exposición a un compuesto no cancerígeno (HI individual), como para HI total (suma de HI de todos los compuestos). No obstante, un HI mayor que 1 no necesariamente indica la ocurrencia de efectos a la salud humana. En el caso de que HI supere el valor de 1, se hace necesaria una revisión

detallada de las incertezas y supuestos asociados a la metodología de una HHRA. En este análisis, y especialmente para aquellos HI que presentan una diferencia marginal respecto de 1, es importante considerar las fuentes de incertidumbres (sección 4.9) y una revisión de los supuestos utilizados en el desarrollo de los cálculos de la evaluación de riesgo, que en su mayoría son altamente conservadores.

3.6.2 Compuestos Cancerígenos

Para la evaluación de riesgo se calcularon los ILCR, que proporcionan una estimación de la probabilidad de un individuo de desarrollar cáncer por la exposición a una sustancia cancerígena por una vía de exposición determinada. Cabe mencionar que este índice no toma en consideración otros factores que pueden aumentar el riesgo de un individuo de desarrollar cáncer, como son la predisposición genética, hábitos alimenticios, etc.

Para un compuesto cancerígeno individual, el ILCR se determina de la siguiente manera:

$$ILCR_{ij} = D_{ij} \times SF_{ij}$$

Dónde:

$ILCR_{ij}$ = incremento de probabilidad de un individuo de desarrollar cáncer por la exposición a un compuesto cancerígeno *i,* para la vía de exposición *j* (adimensional).

D_{ij} = dosis diaria media a lo largo de la vida para compuesto cancerígeno *i*, para una vía de exposición *j* (mg/kg-día).

SF_{ij} = factor de pendiente, potencia cancerígena del contaminante (mg/kg-día)$^{-1}$.

El ILCR total se calcula a partir de la sumatoria de los ILCR de todas las vías de exposición para cada compuesto cancerígeno:

$$ILCR_{total} = \sum ILCR_{ij}$$

Dónde:

$ILCR_{total}$ = Exceso de riesgo cancerígeno total de un individuo a lo largo de la vida.

Σ ILCR*ij* = incremento de probabilidad de un individuo para desarrollar cáncer por la exposición a un compuesto cancerígeno *i,* para la vía de exposición *j (*adimensional).

Los niveles de riesgo aceptables han sido desarrollados por organismos reguladores internacionales encargados de la protección de la salud. En la Tabla 22, se presentan valores de ILCR usados internacionalmente como criterios para la evaluación de riesgos cancerígenos (por ejemplo, un valor de 1E-05 (un caso en cien mil, Tabla 22).

En la presente HHRA, se adoptaron los siguientes valores de ILCR, de acuerdo con los criterios internacionales (Tabla 22):

- ILCR para un solo compuesto cancerígeno (compuesto individual): **1E-06**.
- ILCR para todas las vías de exposición y todos los compuestos cancerígenos (ILCR total): **1E-05**.

Tabla 22: Criterios internacionales para nivel de riesgo incremental de cáncer (ILCR)

País	Criterios ILCR - compuesto individual	ILCR total
EEUU [(1)]	ILCR = 1E-06	ILCR = 1E-06 - 1E-04
Canadá	ILCR = 1E-06 (Ontario)	(No se usa ILCR total)
Australia	ILCR = 1E-06	ILCR = 1E-05
Italia [(2)]	ILCR = 1E-06	ILCR = 1E-05
Hungría	ILCR = 1E-06	ILCR = 1E-05
Suecia	ILCR = 1E-06 (sólo para PAH individual)	ILCR = 1E-05
Alemania	ILCR = 1E-05	ILCR = 4E-05
Francia	ILCR = 1E-06	ILCR = 1E-05
Holanda	ILCR = 1E-04	No especificado

[(1)] Criterio ILCR podría variar dependiendo el Estado

[(2)] Criterio seleccionado para el presente EIA.

4.0 CÁLCULO DE LOS NIVELES DE RIESGO Y DESARROLLO DE NIVELES DE REMEDIACIÓN ESPECÍFICOS PARA EL SITIO (SSCL)

4.1 Introducción

En esta sección se presentan los resultados de cálculo de los niveles de riesgo y los SSCL determinados para los diferentes escenarios relacionados con el futuro desarrollo del Sitio y sus alrededores, centrado en el suelo subsuperficial (profundidad > 1 mbns), el agua subterránea y el gas de suelo. Como se describe más adelante, el enfoque general de esta HHRA ha sido desarrollar un escenario de exposición conservador, acorde a los usos permitidos por el PRC de Viña del Mar, sin considerar el proyecto específico de desarrollo para el Sitio, con el fin de determinar objetivos de remediación estrictos y conservadores y al tiempo flexibles.

Los cálculos de riesgos para la salud y de los SSCL se desarrollaron adoptando un ILCR objetivo de 1E-06 para compuestos cancerígenos individuales, ILCR total de 1E-05, y HI = 1 para compuestos no cancerígenos, tal como se señaló en sección 3.6, para la norma italiana.

4.2 Cálculos de Evaluación de Riesgo Hacia Adelante y Hacia Atrás

La descripción de la metodología utilizada para calcular los niveles de riesgo para la salud (ILCR y HI) y los SSCL ha sido adaptada a partir de la página web del Concejo Interestatal de Tecnología y Regulación de EEUU (*Interstate Technology and Regulatory Council;* ITRC, 2015).

El uso de la HHRA para establecer un proceso de remediación depende de la autoridad competente, las normas existentes, el propósito de la HHRA y de la fase del proyecto en que se aplica la metodología. En algunos casos, la HHRA puede utilizarse para estimar el riesgo (ILCR o HI) de un compuesto químico en una o más matrices ambientales, lo que se denomina HHRA hacia adelante. En otros casos, la HHRA puede ser utilizada para calcular invertidamente cuál es la concentración de un compuesto químico que corresponde a un determinado riesgo o peligro en una matriz ambiental (HHRA hacia atrás).

Los cálculos de HHRA hacia adelante y hacia atrás utilizan las mismas ecuaciones y supuestos, pero se diferencian en el sentido en que se desarrolla la HHRA.

El cálculo hacia adelante comienza con una concentración dada de compuesto en una matriz ambiental (concentración de exposición), luego define los supuestos de exposición, calcula la dosis, para finalmente identificar y estimar un ILCR o HI (Figura 4)

Figura 4: Proceso de la evaluación de riesgos para la salud humana hacia adelante.

El cálculo hacia adelante se utiliza para determinar si los compuestos presentes en una matriz ambiental presentan un riesgo para la salud humana, y para orientar la selección de medidas correctivas. Este cálculo requiere disponer de concentraciones de exposición bien definidas, y es fácil de aplicar para el cálculo de riesgos acumulativos para vías de exposición complejas (por ejemplo, huertas caseras).

El cálculo hacia atrás utiliza los mismos pasos que el cálculo hacia adelante, pero invierte el orden de los pasos. Comienza con la selección de un ILCR o HI determinado (u objetivo), identifica un potencial compuesto químico presente en la matriz ambiental, luego define los supuestos de exposición, calcula un factor representativo de dosis, identifica los valores de toxicidad, y finalmente determina aquella concentración del compuesto en la matriz ambiental que resguarda la salud humana, basado en ILCR o HI aceptables (Figura 5).

Figura 5: Proceso de la evaluación de riesgos para la salud humana hacia atrás.

El cálculo hacia atrás se utiliza para determinar niveles objetivos para las acciones de remediación de un sitio (metas de remediación o SSCL), específicos para el compuesto químico y la matriz ambiental en que está presente.

En la presente HHRA para los escenarios actuales en los alrededores del Sitio y futuros dentro del Sitio se han calculado los niveles de riesgo hacia adelante, con el fin de descartar la existencia de riesgos a la salud de los potenciales receptores. Para escenarios residenciales dentro del Sitio, se han calculado SSCL hacia atrás para

el suelo y el agua subterránea del Sitio mediante el proceso de HHRA, con el objeto de determinar metas para las futuras acciones de remediación para el Sitio.

4.3 Niveles de Remediación Específicos para el Sitio (SSCL) para Suelo Subsuperficial – Escenario Residencial

El cálculo de los SSCL para el suelo subsuperficial se realizó con el proceso de HHRA hacia atrás. En función de los criterios adoptados para al presente HHRA, ILCR total = 1E-05, ILCR para compuesto individual = 1E-06, y HI = 1 (sección 3.6), se calcularon las concentraciones para los compuestos químicos en el suelo subsuperficial que protegen la salud de las personas. De este modo, los SSCL representan las metas de remediación para el suelo subsuperficial en el Sitio.

Tomando en consideración el desarrollo actual en el área que rodea al Sitio, se espera que el futuro del Sitio sea el desarrollo inmobiliario con edificios residenciales de altura que incluyan uno o más niveles de estacionamientos subterráneos. Este escenario se asemeja a proyectos inmobiliarios en zonas inmediatamente al sur del Sitio, y es consistente con el tipo de edificación que se ha extendido en el área donde se localiza el terreno (como Viña del Mar, Concón, Reñaca). En consecuencia, se calcularon los SSCL para suelo subsuperficial considerando el receptor más sensible en un escenario de exposición residencial, de modo de obtener SSCL aptos para el escenario de desarrollo futuro más factible para el Sitio.

Para determinar los SSCL se consideró el escenario más conservador, en el que departamentos residenciales se emplazan en el primer piso de un edificio de altura, con un nivel subterráneo para estacionamientos. Se supone que el suelo no saturado ha sido excavado completamente, dejando en el Sitio un máximo de suelo no saturado impactado residual de 1 m de espesor durante épocas del año cuando disminuye el nivel freático (Figura 6).

El escenario considera que el edificio no tiene diferencia de presión respecto de la presión atmosférica (deltaP=0), ya que los estacionamientos subterráneos cuentan con portones de entrada/salida amplios. Se supone que la losa de fundación del edificio de altura tiene 1 m de espesor y está en contacto con el suelo residual que está en el Sitio. Se ha considerado un estacionamiento subterráneo de un piso, lo que representa un escenario más conservador que estacionamientos de más pisos, que sería más consistente con proyectos de desarrollo inmobiliario en el área. Un estacionamiento de un piso es más conservador porque al tener una menor altura de mezclado en espacios interiores ocurre menor dilución de los vapores. Esto resulta en mayores riesgos para la salud, y en consecuencia en SSCL más conservadores. El valor predeterminado original para la fracción de grietas en la losa de fundación de 0,001 (o 10 cm^2 por cada 1 m^2) se modificó a 0,0002 (o 2 cm^2 por 1 m^2), para considerar que los edificios son nuevos y con fundaciones de calidad.

Figura 6: Escenario de exposición residencial para el cálculo de SSCL para suelo dentro del Sitio.

Los SSCL se calcularon en modo hacia atrás, con el objetivo de cumplir ILCR = 1E-06 para un compuesto cancerígeno individual, y HI = 1 para compuestos no cancerígenos. Los SSCL calculados se presentan en la Tabla 23, y fueron calculados para el residente futuro más sensible (niño), que pasa 24 horas por día dentro del departamento, por 350 días al año.

La comparación de las concentraciones máximas de los COPC detectadas en el Sitio con los SSCL, mostró que las concentraciones de benceno, etilbenceno y naftaleno exceden los SSCL calculados (Tabla 23). Los SSCL se compararon también con los valores de Tier 1 de la norma italiana y se observó que para todos los compuestos, excepto naftaleno, los SSCL resultantes son mayores que los valores de Tier 1. Cuando el resultado de la HHRA es un valor de SSCL menor que la concentración de Tier 1, las directrices de la guía italiana para HHRA (MATTM, 2014) sugieren considerar, como objetivo para la remediación, la concentración de Tier 1 en sí, porque es bien sabido que algunas de las suposiciones, especialmente con respecto al modelo de J & E son excesivamente conservadoras. De acuerdo con lo anterior, para el caso del naftaleno se estableció el SSCL igual al valor del Tier 1.

Tabla 23: SSCL para suelo subsuperficial del Sitio - escenario residencial

Parámetro	SSCL (mg/kg)	Concentración máxima en el Sitio (mg/kg)	Valor de referencia Italia (mg/kg)
Benceno	0,45	2	0,1
Etilbenceno	1,6	13	0,5
Tolueno	400	0,38	0,5
Xilenos totales	50	2,3	0,5
Naftaleno	5(1)(4)	49	5*
TPH alifático C10-C12	Csat	1600(2)	10
TPH aromático C10-C12	Csat	460(2)	10
TPH alifático C12-C16	Csat	5100(2)	50
TPH aromático C12-C16	Csat	1800(2)	50
TPH GRO	Csat	2.600(3)	10
TPH DRO+ORO	Csat	23.980(3)	50
Aldrin	10	1,3	0,01
Dieldrin	10	1,1	0,01
PCB (Aroclor 1260)	10	0,26	0,06

Las celdas sombreadas indican excedencia del SSCL.
(1) : Valor de referencia definido por guías del Instituto Superior de Sanidad de Italia (ISS, 2000-2001).
(2) : Concentración máxima detectada en base a metodología de análisis de fracciones de TPH (TPH CWG).
(3): Concentración máxima detectada en base a metodología para análisis de TPH orgánicos (TPH EPA 8015).
(4): Valor de SSCL igual a la concentración Tier 1, de acuerdo con la guía italiana para HHRA (MATTM, 2014).
Csat: concentración de compuesto en el suelo a la que se alcanzan los siguientes límites: límite de solubilidad, saturación de gas de suelo y límite de partición del carbono orgánico del suelo (ver sección 4.3.1.).

El detalle de los datos de entrada y de salida de las simulaciones con el programa RISC5 se presenta en el Apéndice B.

4.3.1 Niveles de Remediación Específicos para el Sitio (SSCL) para Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)

Los SSCL para TPH fueron calculados para fracciones de hidrocarburos representativas del Sitio, las que se identificaron en base a los resultados analíticos de muestras de suelo y agua subterránea. El análisis de las TPH en estas matrices se realizó con el método TPH CWG, que proporciona resultados para las fracciones aromáticas y alifáticas de TPH.

Para la HHRA, se considera la información de las fracciones de TPH debido a que los valores de TRV para TPH fueron desarrollados en base a las fracciones alifáticas y aromáticas (que reporta el método TPH CWG). El método TPH CWG (1997) distingue fracciones de TPH que se indican en la Tabla 24 a continuación.

Tabla 24: Fracciones de hidrocarburos de petróleo del TPH CWG (1997) – Valor de Referencia Toxicológico (TRV) y propiedades físico-químicas seleccionadas

Fracción TPH	RfD inhalación (mg/kg día)	Constante de Ley de Henry (-)	Solubilidad (mg/L)
Alifáticos C5-6	5	34	36
Alifáticos C6-8	5	51	5,4
Alifáticos C8-10	0,27	82	0,43
Alifáticos C10-12	0,27	130	0,034
Alifáticos C12-16	0,27	540	0,0076
Alifáticos C16-35	No determinado	6.400	0,0000013
Aromáticos C5-7	0,11	0,23	1.800
Aromáticos C7-8	0,11	0,27	520
Aromáticos C8-10	0,055	0,49	65
Aromáticos C10-12	0,055	0,14	25
Aromáticos C12-16	0,055	0,054	5,8
Aromáticos C16-21	No determinado	0,013	0,51
Aromáticos C21-35	No determinado	0,00068	0,0066

No determinado: fracción no se considera tóxica por la vía de inhalación. RfD: dosis de referencia.

Cuando se comparan las diferentes fracciones se puede observar lo siguiente:

- La toxicidad aumenta a mayor número de carbonos (C), y es mayor para los compuestos aromáticos. A menor RfD, mayor toxicidad.
- A similar número de carbonos, las fracciones alifáticas son menos solubles pero más volátiles en comparación con las fracciones aromáticas.

Debido a las diferencias entre las fracciones de TPH con respecto a sus TRV y a sus propiedades de comportamiento y transporte (producto de las diferentes propiedades físico-químicas), para poder desarrollar un cálculo de SSCL adecuado es importante contar con información sobre las fracciones de TPH presentes en el suelo, agua subterránea y gas de suelo de la zona de estudio.

El programa RISC5 calculó los SSCL para las fracciones de TPH características como iguales al nivel de saturación de suelo teórico (conocido como “Csat”). El Csat es una concentración de compuesto en el suelo a la que se alcanzan los siguientes límites: límite de solubilidad, saturación de gas de suelo y límite de partición del carbono orgánico del suelo. Al aumentar la concentración en el suelo y superar el Csat, el compuesto está presente en el suelo como una fase residual no-acuosa (cuarta fase), inicialmente discontinua dentro de la matriz de suelo. El resultado indica que el SSCL supera la concentración a la cual el equilibrio de las fases de vapor y agua de los poros del suelo se saturan. Cuando el resultado del modelo es Csat, la volatilidad y la toxicidad del compuesto no es suficiente para dar como resultado un nivel de exposición que supere los criterios de riesgo para dicho escenario de exposición, aun cuando exista presencia de producto en forma de fase libre o como precipitado.

De acuerdo con las guías de la US EPA (1995), en un sistema multifase la saturación se define como la fracción relativa entre el espacio poroso total que contiene un determinado fluido (por ejemplo, FLNA) y el volumen representativo de un medio poroso. La movilidad de la FLNA está relacionada a su saturación en la matriz, descrita por la función de permeabilidad relativa. El nivel de saturación al cual la FLNA pasa de continua a

discontinua y queda inmovilizada por las fuerzas capilares es conocido como saturación residual. La saturación residual ("S_r") de la FLNA representa una potencial fuente de impacto del agua subterránea, que está fuertemente retenida en los poros del suelo, y no se puede extraer fácilmente utilizando las tecnologías actualmente disponibles. La magnitud de la S_r depende de varios factores, tales como la distribución de tamaño de poro, propiedades de humectabilidad de los fluidos y sólidos del suelo, la tensión interfacial, gradientes hidráulicos, relación de densidades y viscosidades de fluido, la gravedad, fuerzas de empuje y flujos (Mercer y Cohen, 1993).

Debido a la bien conocida heterogeneidad de los sistemas subsuperficiales en relación a estos factores, se desprende que la saturación residual en el subsuelo es también altamente variable. Los datos recopilados por Mercer y Cohen (1993) indican que la saturación residual de la mayoría de las fases libres no acuosas varía entre un 10% y 20% del volumen total de poros en la zona no saturada y entre un 15% y 50% en la zona saturada. Por lo tanto, la presencia de producto en fase libre no es causa de preocupación para la salud humana, pero es motivo de preocupación con respecto a la protección de las aguas subterráneas, a pesar de que el acuífero poco profundo no es usado para suministro de agua potable u otros propósitos. Más aún, la FLNA actúa como la principal fuente de contaminación del agua subterránea debido a la disolución de los compuestos químicos que la conforman.

Por esta razón, para determinar el SSCL para TPH, se calcularon las concentraciones de saturación residual de acuerdo con el enfoque recomendado por la norma ASTM E2081-00 (ASTM Internacional, 2015), según las siguientes fórmulas:

$$RBSL_{NAPL} = \begin{cases} \dfrac{\theta_w + H(\theta_a - \theta_o) + \rho_s K_s}{\rho_s} \cdot S + \dfrac{\theta_o \cdot \rho_o}{\rho_s} \cdot 10^6 \dfrac{mg}{kg} \\ \dfrac{(\theta_e - \theta_o) + \rho_s K_s}{\rho_s} \cdot S + \dfrac{\theta_o \cdot \rho_o}{\rho_s} \cdot 10^6 \dfrac{mg}{kg} \end{cases}$$

La primera fórmula es para suelo no saturado; y la segunda es para suelos saturados. ρ_0 es la densidad de FLNA y Θ_0 es la fracción volumétrica de la fase residual, que se calcula como $\Theta_0 = \Theta_e \times S_r$, donde Θ_e es la porosidad efectiva del suelo y S_r es la fracción residual de los poros (el valor predeterminado en ASTM es 0,04). Los resultados de los cálculos se presentan en la Tabla 25 para las principales fracciones detectadas en el Sitio en un escenario teórico, asumiendo que toda la contaminación se debe a una fracción simple de TPH.

Tabla 25: Valores de concentración de saturación de TPH residual en suelo (Cres).

Fracción TPH	Cres suelo no saturado (mg/kg)	Cres suelo saturado (mg/kg)
Alifático C10-12	5.957	6.894
Alifático C12-16	5.860	6.894
Alifático C16-21	5.862	6.894
Alifático C21-35	5.862	6.894
Aromático C10-12	6.412	6.900
Aromático C12-16	6.200	6.896
Aromático C16-21	5.910	6.894
Aromático C21-35	5.880	6.894

Cres: concentración residual.

La concentración residual (Cres) también se calculó considerando la mezcla específica de fracciones de TPH detectada en el Sitio. El Cres se evaluó para la mezcla de TPH promedio, según el análisis de las fracciones de TPH en el suelo, específico del Sitio.

Tabla 26: Valores de concentración de saturación de TPH residual en suelo para la mezcla (Cres).

Fracción TPH	Composición (%)	C suelo no saturado (mg/kg)	C suelo saturado (mg/kg)
Alifático C10-12	7,03%	419	484
Alifático C12-16	31,62%	1853	2180
Alifático C16-21	29,86%	1750	2058
Alifático C21-35	8,76%	514	604
Aromático C10-12	0,98%	63	68
Aromático C12-16	7,02%	435	484
Aromático C16-21	9,94%	588	685
Aromático C21-35	4,79%	282	330
Cres		5903	6894

Cres: concentración residual.

En base a los análisis sitio-específicos de fracciones de TPH y el tipo de suelo, se definió para el Sitio un SSCL para TPH total en suelo no saturado de 6.000 mg/kg. El SSCL propuesto para el total de TPH no está basado en el riesgo para la salud humana, a diferencia de los SSCL para los compuestos individuales presentados en la Tabla 23. Está basado en la protección del agua subterránea, independientemente de su uso o el potencial de exposición humana. El SSCL definido fue comparado con los valores de suma-TPH (definido como la suma de TPH rango GRO+DRO+ORO) recolectados en las investigaciones ambientales (Plan de Muestreo 2015-2016). Se observó que la concentración máxima detectada en el Sitio (24.120 mg/kg) es mayor que el SSCL.

Las áreas de suelo subsuperficial que representan riesgo se presentan en la Figura 3 del Apéndice A. Las áreas han sido calculadas tomando en consideración que los puntos de muestreo no se ubican en el centro exacto de cada cuadrante (y por eso las interpolaciones resultantes cubren parcialmente algunos cuadrantes de la grilla). El área que requeriría acciones de remediación corresponde a una superficie de 40.000 m^2 aproximadamente.

4.4 Niveles de Remediación Específicos para el Sitio (SSCL) para Agua Subterránea – Escenario Residencial

El cálculo de los SSCL para el agua subterránea se realizó con el proceso de HHRA hacia atrás. Se calcularon las concentraciones para los compuestos químicos en el agua subterránea que protegen la salud de las personas en función de los criterios adoptados para al presente HHRA, ILCR para compuesto individual = 1E- 06, ILCR total = 1E-05, y HI = 1 (sección 3.6). De este modo, los SSCL representan las metas de remediación para el agua subterránea en el Sitio.

Los SSCL fueron calculados utilizando el mismo escenario usado para el suelo (descrito en sección 4.3). Es, por tanto, un escenario conservador y considera al receptor más sensible en un escenario de exposición residencial (niño). Se supone un departamento residencial en el primer piso de un edificio de altura, que cuenta con un nivel subterráneo para estacionamientos. Utilizar como supuesto un estacionamiento subterráneo de un piso, que es más restrictivo que el caso de dos pisos de subterráneos, representa un escenario más

conservador, debido a que al tener una menor altura de mezclado en espacios interiores ocurre menor dilución de los vapores. Esto resulta en mayores riesgos para la salud, y en consecuencia en SSCL más conservadores.

Se supone que el suelo no saturado es excavado hasta el nivel freático más alto medido en el Sitio (aproximadamente 5 mbns), lo que constituye un supuesto conservador en relación al nivel freático promedio (6 mbns) o el nivel más bajo registrado en las investigaciones ambientales (7 mbns). Utilizar un nivel freático más profundo para los cálculos de SSCL correspondería a tener un mayor volumen de edificio y, por tanto, SSCL menos conservadores.

No se considera el efecto de la advección en este modelo con el agua subterránea como fuente de impacto, porque se supone que el problema es dominado por la resistencia a la difusión de franja capilar. Se supone que la losa de fundación del edifico es de 1 m de espesor en concordancia con las prácticas generales de edificación para un edificio de departamentos en la zona. El valor predeterminado original para la fracción de grietas y juntas en la losa de la fundación de 0,001 (o 10 cm^2 por cada 1 m^2) se modificó a 0,0002 (o 2 cm^2 por 1 m^2), para considerar que los edificios son nuevos. Se supone que el nivel de agua subterránea está al mínimo 30 cm por debajo de la losa de fundación, de modo de permitir la volatilización a la franja capilar y migración de los vapores hacia el estacionamiento subterráneo.

Figura 7: Escenario de exposición residencial para el cálculo de SSCL para agua subterránea dentro del Sitio.

Los SSCL se calcularon en modo hacia atrás, con el objetivo de cumplir ILCR = 1E-06 para un compuesto cancerígeno individual, y HI = 1 para los compuestos no cancerígenos. Los SSCL calculados se presentan en la Tabla 27, y fueron calculados para el residente futuro más sensible (niño), que pasa 24 horas por día dentro del departamento, por 350 días al año. En la misma Tabla, se presenta la comparación de los SSCL con las máximas concentraciones detectadas en las diferentes campañas de monitoreo. Los SSCL se compararon también con los valores de Tier 1 (sección 3.3.1.2), y se observó que todos los SSCL son mayores que los valores de Tier 1.

Tabla 27: SSCL para agua subterránea del Sitio - escenario residencial

Parámetro	Concentración máxima en el Sitio (µg/L)			SSCL (µg/L)	Valor de referencia Tier 1 (µg/L)
	Primera campaña entre junio 2015 y enero 2016	Segunda campaña en junio 2016	Tercera campaña en mayo-junio 2018		
Benceno	7,2	30	20	4.000	1
Etilbenceno	13	19	13	6.000	50
Tolueno	5,4	3,1	4	6.000	15
Xileno	28	7,4	10	3.000	10
Naftaleno	330	120	120	8000	5
Alifático C5-C6	<610	<300	710	600	350**
Alifático C6-C8	<610	630	1.200	600	
TPH alifático C08-C10	310	<290	<330	600	
TPH alifático C10-C12	300	<290	350	600	
TPH alifático C12-C16	640	2.000	2.100	1.250	
TPH aromático C10-C12	370	330	950	4.000	
TPH aromático C12-C16	800	750	1.400	4.000	
Suma-TPH (GRO+DRO+ORO)	70.000	n/m	n/m	No aplica	350**
Aldrin	0,51	n/m	n/m	1.000	0.03

(1) Máximo valor detectado de las tres campañas de muestreo de agua subterránea
Celdas en amarillo indica excedencia del SSCL
* : Valor de referencia definido por guías del Instituto Superior de Sanidad de Italia (ISS, 2000-2001).
** : Valor de referencia para suma-TPH (GRO+DRO+ORO).

Las concentraciones de suma-TPH fueron analizadas con el método EPA 8015, con el propósito de identificar zonas dentro del Sitio que tenían impactos por hidrocarburos y sus productos de degradación debido a las operaciones históricas en el Sitio. Considerando que la suma-TPH (medido por método EPA 8015) incluye hidrocarburos, pero también petróleo no disuelto o compuestos polares que no son hidrocarburos y que no se incluyen en HHRA (como alcoholes, ácidos orgánicos, cetonas, aldehídos, etc), para poder determinar los riesgos asociados con los hidrocarburos remanentes en el Sitio se calcularon los SSCL para los TPH en base a los resultados de las fracciones de TPH entregadas por el método TPH CWG. Este método es reconocido en la bibliografía internacional como un método más confiable para evaluar hidrocarburos en comparación con el EPA 8015 (Zemo y Foote, 2003). Así mismo, y como se mencionó anteriomente, para desarrollar la HHRA es necesario contar con la información de las fracciones de TPH debido a que los valores de TRV para TPH fueron desarrollados en base a las fracciones alifáticas y aromáticas (que reporta el método TPH CWG).

Según se observa en Tabla anterior, la comparación de las máximos valores detectados en el Sitio con los SSCL indica el cumplimiento en todos los puntos de muestreo localizados dentro del Sitio en la primera campaña de muestreo. No obstante, en el pozo PO-G18, ubicado en el Paño Sur, el límite de detección del

análisis de TPH alifático C5-C6 y TPH alifático C6-C8 (LD>610 ug/L) es mayor al SCCL de 600 ug/L; por lo tanto, de forma conservadora se consideran como una excedencia.

En la segunda y tercera campaña complementaria se presentaron algunas excedencias, tal como se indica a continuación:

- En el año 2016:
  - En el pozo de monitoreo PO-B20 ubicado en el Paño Sur se detectó una concentración de 610 ug/L de TPH alifáticos C6-C8 excediendo el SSCL establecido en 600 ug/L.
  - Se excedió el SSCL TPH alifáticos C12-C16 establecido en 1.250 u/L en tres pozos ubicados en el Paño Sur: MA5 con 1600 ug/L PO-D18A con 2000 ug/L y PO-D18B con 1800 ug/L.
  - En el Año 2016 no se detectaron excedencias en el Paño Norte.
- En el año 2018:
  - Excedencia del SSCL de TPH alifáticos C5-C6 en un pozo ubicado en el paño Sur PO-C16 con 710 ug/L.
  - Excedencia de TPH alifáticos C6-C8 en un pozo ubicado en el paño Sur PO-C16 con 1.200 ug/L.
  - Excedencia de TPH alifáticos C12-C16 en cinco pozos de monitoreo del Paño Sur: MA5 con 2100 ug/L PO-D18A con 2100 ug/L, PO-B20 con 1800 ug/L, PO-C20 con 1300 ug/L y AP6 con 1500 ug/L.
  - Excedencia de TPH alifáticos C12-C16 en dos pozos de monitoreo del Paño Norte: PCM-38 con 2100 ug/L y AP-4 con 1600 ug/L.

Adicionalmente, en las campañas de muestreo se detectó FLNA en 3 pozos del sector Norte del Sitio (sección 3.3.1.2). Considerando que la FLNA es una fuente de impacto para el agua subterránea, se ha determinado que estas áreas requieren acciones de remediación. Estas áreas se presentan en la Figura 4 del Apéndice A.

El detalle de los datos de entrada y de salida de las simulaciones con el programa RISC5 se presenta en el Apéndice B.

4.5 Niveles de Remediación Específicos para el Sitio (SSCL) para Gas de Suelo – Escenario Residencial

Se realizó el proceso de HHRA hacia atrás para el cálculo de SSCL para el gas de suelo, en base a los criterios adoptados para al presente HHRA, ILCR para compuesto individual = 1E-06, ILCR total = 1E-05, y HI = 1 (sección 3.6), se calcularon las concentraciones para los compuestos químicos en el gas de suelo que protegen la salud de las personas. De este modo, los SSCL representan las metas de remediación para el gas de suelo en el Sitio.

Los SSCL fueron calculados utilizando el mismo escenario usado para el suelo (descrito en sección 4.3). Es, por tanto, un escenario conservador y considera al receptor más sensible en un escenario de exposición residencial (niño). Se supone un departamento residencial en el primer piso de un edificio de altura, que cuenta con 1 nivel subterráneo para estacionamientos. Utilizar como supuesto un estacionamiento subterráneo de 1 piso, que es más restrictivo que el caso de 2 pisos de subterráneos, representa un escenario más conservador, debido a que al tener una menor altura de mezclado en espacios interiores ocurre menor dilución de los vapores. Esto resulta en mayores riesgos para la salud, y en consecuencia en SSCL más conservadores.

Considerando que estos valores representan un equilibrio entre las concentraciones de CDI en el suelo y el agua subterránea, y los vapores presentes en los espacios porosos del suelo no saturado, los SSCL de gas

de suelo son aplicables como metas de remediación para la ruta de intrusión de vapores, validando que la remediación de agua subterráena y suelo han alcanzado su objetivo de remediación. Para la ruta de intrusión de vapores, los SSCL de gas de suelo son los más representativos, ya que son una medición de las concentraciones reales que podrían ingresar a los espacios cerrados. En la Tabla 28, a continuación, se presenta los SSCL para los COPC del Sitio.

Tabla 28: SSCL para gas de suelo del Sitio - escenario residencial

Parámetro	SSCL (µg/m^3)
Benceno	1.650
Etilbenceno	5.200
Tolueno	20.000
Xilenos totales	40.000
Naftaleno	380
TPH alifático C05-C06	30.000
TPH alifático C06-C08	50.000
TPH alifático C08-C10	80.000
TPH alifático C10-C12	50.000
TPH alifático C12-C16	30.000
TPH aromático C07-C08	20.000
TPH aromático C08-C10	20.000
TPH aromático C10-C12	20.000
TPH aromático C12-C16	20.000

4.6 Escenario de Uso Comercial y Equipamiento Actual Alrededores del Sitio

4.6.1 Área de Playa y estación de servicio PETROBRAS

En este escenario se evalúa el riesgo potencial para los trabajadores de establecimientos comerciales y de equipamiento ubicados en los alrededores del Sitio (Área de Playa y estación de servicios PETROBRAS), y está asociado a la inhalación de vapores en espacios interiores provenientes de compuestos volátiles en el suelo y en el agua subterránea (Figura 8).

En enero de 2016 se desarrolló mediciones de gas de suelo, que consistieron en muestreos cerca de las losas de los establecimientos comerciales existentes (sección 3.3.1.3).

Se desarrolló la HHRA hacia adelante para determinar si las concentraciones de compuestos volátiles presentes en el subsuelo de los establecimientos ubicados en los alrededores del Sitio representan un riesgo para la salud humana. A partir de los resultados de concentración de estos compuestos en el gas de suelo, se calculó el ILCR y el HI y se compararon con los criterios adoptados para la presente HHRA (ILCR para compuesto individual = 1E-06, ILCR total = 1E-05, y HI = 1, sección 3.6).

Para los establecimientos comerciales y de equipamiento se usaron supuestos conservadores. Para la fracción de grietas en la losa de la fundación de 0,002 (o 20 cm^2 por cada 1 m^2), un valor conservador para considerar que los establecimientos son edificios relativamente antiguos.

Figura 8: Escenario de exposición para cálculo de riesgo en uso comercial y equipamiento en los alrededores del Sitio.

Considerando la ventaja de utilizar valores de gas de suelo para la vía de inhalación en espacios interiores (en lugar de datos de suelo y agua subterránea), la Tabla 29 a continuación, presenta los niveles de riesgo calculados con las máximas concentraciones de compuesto registradas en las muestras de gas de suelo tomadas próximas a las losas de los establecimientos comerciales

La comparación de ILCR y HI calculados con los criterios de riesgo adoptados, muestra que el riesgo para la salud de los trabajadores de los establecimientos comerciales y de equipamientos existentes es insignificante. Las concentraciones de gas de suelo medidas en la proximidad de los establecimientos indican que los niveles de riesgo resultantes son al menos 1 orden de magnitud menor que los criterios de riesgo adoptados, y por tanto, las concentraciones de gas de suelo son compatibles con este escenario de exposición.

Tabla 29: Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de uso comercial y equipamiento actual en los alrededores del Sitio

Parámetro	Concentración máxima gas de suelo (µg/m³)	ILCR	HI
Benceno	10	5,8E-08	6,9E-04
Etilbenceno	19	3,3E-08	3,7E-05
Tolueno	36	-	1,5E-05
Xilenos totales	140	-	2,8E-03
Naftaleno	5,3	1,1E-07	3,1E-03
TPH alifático C5-C6	610	-	7,0E-05
TPH alifático C6-C8	7.700	-	9,0E-04
TPH alifático C8-C10	260	-	5,5E-04
TPH alifático C10-C12	600	-	1,3E-03
TPH alifático C12-C16	170	-	3,6E-04
TPH aromático C7-C8	<210	-	1,2E-03
TPH aromático C8-C10	220	-	2,4E-03
TPH aromático C10-C12	<210	-	2,3E-03
TPH aromático C12-C16	<210	-	2,3E-03
TOTAL		**2,0E-07**	**1,8E-02**

- : no determinado porque no es un compuesto cancerígeno.

El detalle de los datos de entrada y de salida de las simulaciones con el programa RISC5 se presenta en el Apéndice B.

4.6.2 Estación de servicio COPEC

Durante las investigaciones ambientales se recolectaron muestras en el terreno de la estación de servicio, y en esta HHRA se realizó un cálculo de riesgo potencial específico para los trabajadores actuales de los establecimientos comerciales y de equipamiento ubicados en la misma.

El escenario es idéntico al escenario comercial/equipamiento de la sección precedente (sección 4.6.1), con el riesgo potencial asociado a la inhalación de vapores en espacios interiores provenientes de compuestos volátiles en el suelo y en el agua subterránea. El riesgo para la salud humana se evalúa solo para el escenario de espacios interiores, ya que se considera el más crítico; por lo tanto; también es protector del trabajador de espacios exteriores (trabajo al aire libre).

Para el cálculo de riesgo se utilizaron las muestras de gas de suelo recolectadas cerca de las losas de los establecimientos existentes en la estación de servicio COPEC (A03-SG, B03-SG). No se utilizaron las muestras recolectadas en el punto A05-SVE-SG-01 ya que éste se ubica lejano de los potenciales receptores en el terreno de la estación de servicios (establecimientos).

En la Tabla 30 se presenta la comparación de los ILCR y HI calculados con los criterios de riesgo adoptados. Se observa que los valores calculados para el escenario de exposición actual, para la estación de servicio, cumple con los criterios adoptados, y el riesgo para salud de estos receptores es insignificante. Las concentraciones de gas de suelo medidas en la proximidad de los establecimientos indican que los niveles de riesgo resultantes son al menos 2 órdenes de magnitud menor que los criterios de riesgo adoptados, y por tanto, las concentraciones de gas de suelo son compatibles con este escenario de exposición.

Tabla 30: Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de uso comercial y equipamiento actual en la estación de servicio COPEC

Parámetro	Concentración máxima gas de suelo (µg/m^3) *	ILCR	HI
Benceno	6,9	1,9E-08	2,3E-04
Etilbenceno	16	1,4E-08	1,5E-05
Tolueno	35	-	6,9E-06
Xilenos totales	120	-	1,2E-03
Naftaleno	4,3	4,8E-08	1,3E-03
Alifático C05-06	400	-	2,2E-05
Alifático C06-08	<170	-	9,3E-06
Alifático C08-10	240	-	2,4E-04
Alifático C10-12	440	-	4,4E-04
Alifático C12-16	<170	-	1,7E-04
Aromático C07-08	<170	-	4,5E-04
Aromático C08-C10	190	-	9,6E-04
Aromático C10-12	<170	-	8,6E-04
Aromático C12-16	<170	-	8,6E-04
TOTAL		**8,1E-08**	**6,7E-03**

- : no determinado porque no es un compuesto cancerígeno. * : Concentraciones máximas de las muestras A03-SG y B03-SG, recolectadas adyacentes a establecimientos existentes en la estación de servicio COPEC.

4.7 Escenario de Uso Recreacional Área de Playa

En este se evalúa el riesgo potencial para las personas que hacen uso para fines recreacionales del Área de Playa que se ubica frente al Sitio, y está asociado a con el contacto dermal con el suelo y el agua subterránea, y con la inhalación de vapores en espacios abiertos, provenientes de compuestos volátiles en el suelo y en el agua subterránea (Figura 9).

Se desarrolló la HHRA hacia adelante para determinar si las concentraciones de compuestos presentes en el subsuelo del Área de Playa representan un riesgo para la salud humana. A partir de los resultados de concentración de estos compuestos en el subsuelo, se calculó el ILCR y el HI y se compararon con los criterios adoptados para la presente HHRA (ILCR para compuesto individual = 1E-06, ILCR total = 1E-05, y HI = 1, sección 3.6).

En general, en los escenarios de uso recreacional se considera que los receptores están expuestos a agua superficial impactada (como océano, ríos o arroyos), y el sedimento mientras están nadando. En el Área de Playa del presente estudio, los impactos se detectaron en el suelo y el agua subterránea a profundidades mayores de 2,0 m. La descarga del agua subterránea en el océano da como resultado la dilución de la concentración de los compuestos químicos en el agua de mar. En la zona de descarga del agua subterránea existe una cuña de agua de mar y el flujo del agua subterránea se ubica aguas arriba. A veces, cuando la marea está baja, esto se puede observar en la playa. Además, muy cerca de la orilla del mar, el nivel del agua subterránea está inmediatamente por debajo de la superficie del suelo, y mientras un receptor potencial juega en la orilla de la playa, éste puede entrar en contacto con el agua subterránea (por ejemplo, al hacer hoyos en la arena o construir “piscinas” que se llenan de agua). Al jugar en la playa, los receptores potenciales también pueden entrar en contacto dermal con suelo superficial potencialmente impactado (es decir, suelo a menos de 2 mbns).

Por tanto, para el Área de Playa se consideró un escenario muy conservador para el cálculo de los niveles de riesgo para la salud humana durante el uso recreacional. Se supone que los usuarios tienen 20 eventos recreacionales al año que involucran contacto con el agua subterránea y el suelo durante juegos en la playa. Este número de eventos está entre los valores sugeridos por las guías de la US EPA (US EPA 1991, 1994) para una exposición típica (5 eventos al año) y la exposición máxima razonable (RME, 36 eventos al año), y es suficientemente conservador ya que no es una actividad típica de uso de la playa, como sería jugar en el mar.

Figura 9: Escenario de exposición para cálculo de riesgo en uso recreacional del Área de Playa.

Para el cálculo de niveles de riesgo se utilizaron las concentraciones máximas de compuestos detectadas en el suelo (profundidad 0-2 m), agua subterránea (zona de la rompiente de playa) y en gas de suelo en el Área de Playa. Los resultados se presentan en las Tabla 31 a Tabla 34 a continuación. Los datos de entrada y de salida de las simulaciones con el programa RISC5 se detallan en el Apéndice B, y a continuación se presenta un resumen.

Tabla 31: Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario uso recreacional en el Área de Playa - inhalación en espacios abiertos

Parámetro	Concentración máxima gas de suelo (µg/m³)	ILCR	HI	ILCR	HI
		Niño		Adulto	
Benceno	10	6,0E-09	3,0E-04	8,6E-09	8,6E-05
Etilbenceno	19	3,2E-09	1,5E-05	4,5E-09	4,1E-06
Tolueno	36	-	6,5E-06	-	1,8E-06
Xilenos totales	140	-	1,0E-03	-	2,9E-04
Naftaleno	5,3	9,4E-09	1,1E-03	1,3E-08	3,1E-04
TPH alifático C5-C6	610	-	3,4E-05	-	9,7E-06
TPH alifático C6-C8	7.700	-	4,3E-04	-	1,2E-04
TPH alifático C8-C10	260	-	2,6E-04	-	7,5E-05
TPH alifático C10-C12	600	-	6,1E-04	-	1,7E-04
TPH alifático C12-C16	170	-	1,7E-04	-	4,9E-05
TPH aromático C7-C8	<210	-	5,6E-04	-	1,6E-04
TPH aromático C8-C10	220	-	1,1E-03	-	3,2E-04
TPH aromático C10-C12	<210	-	1,1E-03	-	3,1E-04
TPH aromático C12-C16	<210	-	1,1E-03	-	3,1E-04
TOTAL		**1,9E-08**	**7,8E-03**	**2,6E-08**	**2,2E-03**

- : no determinado porque no es un compuesto cancerígeno.

Tabla 32: Valor de riesgo HI calculados para el escenario de uso recreacional en el Área de Playa - contacto dermal con suelo

Parámetro*	Concentración máxima suelo (mg/kg)	ILCR	HI	ILCR	HI
		Niño		Adulto	
TPH alifático C10-C12	220	-	1,5E-02	-	5,4E-03
TPH alifático C12-C16	730	-	4,9E-02	-	1,8E-02
TPH alifático C16-C35	820	-	2,7E-03	-	1,0E-03
TPH aromático C12-C16	95	-	1,6E-02	-	5,8E-03
TPH aromático C16-C21	200	-	4,4E-02	-	1,6E-02
TPH aromático C21-C35	67	-	1,5E-02	-	5,5E-03
TOTAL			**1,4E-01**		**5,2E-02**

- : no determinado porque no es un compuesto cancerígeno. * Para las fracciones de TPH, se realizó una evaluación preliminar con el objeto de seleccionar las fracciones más conservadoras para el cálculo de riesgo, debido a que los datos de concentraciones de TPH en suelo del Área de Playa se encontraban como TPH orgánicos (DRO, GRO, ORO).

Tabla 33: Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de uso recreacional en el Área de Playa - contacto dermal con agua subterránea

Parámetro	Concentración máxima agua subterránea (µg/L)	ILCR	HI	ILCR	HI
		Niño		Adulto	
Benzo(a)pireno	0,011	2,6E-07	-	5,9E-07	-
TOTAL		**2,6E-07**		**5,9E-07**	

- : no determinado porque es un compuesto no cancerígeno.

Tabla 34: Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de uso recreacional en el Área de Playa - todas las vías de exposición

Vía de exposición	ILCR	HI	ILCR	HI
	Niño		Adulto	
Inhalación en espacios abiertos	1,9E-08	7,8E-03	2,6E-08	2,2E-03
Contacto dermal con suelo	-	1,4E-01	-	5,2E-02
Contacto dermal con agua subterránea	2,6E-07	-	5,9E-07	-
TOTAL	**2,8E-07**	**1,5E-01**	**6,1E-07**	**5,4E-02**

- : no determinado porque no aplica por características carcinogénicas del compuesto.

Para el usuario recreacional, tanto para el niño como para adulto, los niveles de riesgo total calculados para todos los compuestos y para todas las vías de exposición están por debajo de los criterios de riesgo adoptados (Tabla 34). Es decir, el escenario de exposición recreacional en el Área de Playa representa un riesgo insignificante y se descarta la existencia de riesgo a la salud.

4.8 Trabajador de la Construcción en el Sitio

Este escenario de exposición comprende las actividades de excavación durante la remediación, y de supervisión de las obras. El riesgo a la salud humana se evaluó para el trabajador que realiza trabajos de remediación; no obstante, también aplica al trabajador de la construcción de obras futuras, ya que en este último caso realizará trabajos en el Sitio remediado y estará expuesto a concentraciones menores. Para desarrollar el cálculo del riesgo, se usaron las máximas concentraciones medidas en el subsuelo y en el gas de suelo (secciones 3.3.1.1 y 3.3.1.3, respectivamente). Este es un supuesto conservador porque se considera que el trabajador está expuesto durante todo el periodo de exposición (10 años), a las concentraciones más altas en el suelo (en lugar de las concentraciones promedio, por ejemplo) y a todos los compuestos de manera simultánea. Adicionalmente, de forma conservadora se asume una exposición del trabajador de 10 años, a pesar de que las obras de remediación tendrán una duración aproximada cuatro años.

4.8.1 Trabajador de la Construcción en el Sitio en Labores de Obras

En este escenario se calcula el riesgo para la salud asociado al escenario del trabajador de la construcción que participa de las obras del proyecto de remediación. Tomando en consideración la normativa chilena aplicable para el trabajo con sustancias peligrosas, el trabajador debe usar un overol de faena con mangas largas, con lo que la piel expuesta al contacto dermal corresponde al rostro y las manos. El supuesto de contacto dermal con el rostro y las manos es un supuesto conservador, ya que se debe considerar el uso de elementos de protección personal (“EPP”) adicionales como guantes y mascarilla dependiendo del área de trabajo.

Figura 10: Escenario de exposición para cálculo de riesgo para trabajador de la construcción.

En las Tabla 35 y Tabla 36 a continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos para este escenario.

Tabla 35: Nivel de riesgo para efectos no cancerígenos (HI) calculado para el escenario de trabajador de la construcción en el Sitio

Parámetro	Ingestión de suelo	Contacto dermal con suelo	Inhalación en espacios abiertos
Benceno	6,7E-04	2,2E-03	1,1E-02
Etilbenceno	9,3E-04	3,0E-03	9,5E-05
Tolueno	3,9E-04	1,2E-03	2,3E-04
Xileno	3,4E-03	1,1E-02	7,8E-03
Naftaleno	2,5E-03	1,0E-03	7,3E-03
TPH Alifático C5-6	5,3E-06	1,7E-05	1,3E-04
TPH Alifático C6-8	8,8E-05	2,8E-04	3,1E-04
TPH Alifático C8-10	5,4E-03	1,7E-02	9,7E-03
TPH Alifático C10-12	7,8E-03	2,5E-02	3,6E-02
TPH Alifático C12-16	2,5E-02	8,0E-02	5,6E-03
TPH Alifático C16-35	2,3E-03	7,5E-03	-(*)
TPH Aromático C7-8	-**	-	3,5E-03
TPH Aromático C8-10	3,9E-04	1,3E-03	8,4E-03
TPH Aromático C10-12	5,6E-03	1,8E-02	4,0E-03
TPH Aromático C12-16	2,2E-02	7,1E-02	4,0E-03
TPH Aromático C16-21	3,3E-02	1,1E-01	-
TPH Aromático C21-35	2,1E-02	6,8E-02	-
Cromo VI	1,3E-04	1,7E-02	-
Cobre	8,0E-03	2,6E-02	-
Plomo	1,6E-01	5,2E-03	-
Vanadio	6,4E-04	7,8E-02	-
Aldrin	5,7E-04	1,8E-04	-
DDT	4,4E-05	4,2E-06	-
Dieldrin	1,1E-02	3,5E-03	-
Endrin	2,5E-03	7,8E-04	-
Beta-HCH	4,1E-07	5,2E-08	-
PCB (Aroclor 1260)	1,1E-02	4,8E-03	-
Pentacorofenol	7,3E-07	5,9E-07	-
Total de cada vía de exposición	3,3E-01	5,5E-01	9,8E-02
TOTAL	**9,8E-01**		

* No calculado ya que este rango de cadena de carbono no se analiza en muestras de gases del suelo.
** No detectado en los análisis.
- : no considerado porque no es compuesto de potencial preocupación para la ruta de exposición

Tabla 36: Nivel de riesgo para efectos cancerígenos (ILCR) calculados para el escenario de trabajador de la construcción en el Sitio

Parámetro	Ingestión de suelo	Contacto dermal con suelo	Inhalación en espacios abiertos
Benceno	2,1E-08	6,8E-08	3,7E-07
Etilbenceno	1,5E-07	4,7E-07	3,5E-08
Benzo(a)antraceno	8,2E-08	3,4E-08	-
Benzo(k)fluoranteno	5,6E-09	2,3E-09	-
Benzo(a)pireno	9,2E-07	3,8E-07	-
Indeno(123cd)pireno	4,0E-08	1,7E-08	-
Naftaleno	-	-	1,1E-07
Cromo VI	2,8E-08	**3,6E-06**	-
Aldrin	4,2E-08	1,3E-08	-
DDT	1,1E-09	1,0E-10	-
Dieldrin	**1,2E-06**	3,9E-07	-
Beta-HCH	6,5E-09	8,3E-10	-
PCB (Aroclor 1260)	6,2E-08	2,8E-08	-
Pentacorofenol	3,8E-10	3,0E-10	-
Total cada vía de exposición	2,6E-06	5,0E-06	5,1E-07
TOTAL	**8,1E-06**		

- : no considerado porque no es compuesto de potencial preocupación para la ruta.

Los niveles de riesgo calculados para la inhalación de vapores en espacios abiertos para compuestos no cancerígenos (HI = 9,8E-02, Tabla 35) y para compuestos cancerígenos (ILCR total = 5,1E-07, Tabla 36), resultaron ser inferiores a los criterios de riesgo adoptados, lo que resulta en un riesgo para salud insignificante para este escenario de exposición.

El cálculo del riesgo no cancerígeno (HI) relacionado con la exposición directa de trabajadores de la construcción por ingestión accidental de suelo (HI = 3,3E-01, Tabla 35) y por contacto dermal (HI = 5,5E-01), es inferior al máximo nivel de riesgo aceptable para los compuestos no cancerígenos (HI = 1, Tabla 35). Los resultados indican que el riesgo para la salud por la exposición directa por contacto dermal o ingestión es insignificante, y que las concentraciones medidas en suelo son compatibles con este escenario de exposición.

El cálculo del riesgo cancerígeno (ILCR) relacionado con la exposición directa de trabajadores de la construcción (ILCR total = 8,1E-06, Tabla 36) está por debajo del criterio de riesgo aceptable para el total de compuestos cancerígenos (ILCR = 1E-05). El criterio de ILCR para compuesto individual (1E-06) es levemente excedido por dieldrin y cromo VI. No obstante, estos COPC presentaron excedencias en menos del 3% del total de muestras con respecto al valor de referencia de Tier 1 (por ejemplo 9 muestras de 568 analizadas), y están en ubicaciones acotadas del Sitio (Apéndice A Figura 5). Esta excedencia de los criterios de riesgos está calculada asumiendo un escenario de exposición altamente conservador que considera que el mismo

trabajador está en contacto con los suelos impactados por un tiempo de 10 años durante la jornada de trabajo legal (9 horas cada día), a pesar de que se espera que os trabajos del proyecto de remediación tengan una duración aproximada de cuatro años. Además, considerando que este riesgo está dado por el contacto directo y la ingestión de los suelos, el riesgo puede ser eliminado con el uso de EPP apropiados, específicamente, el uso de guantes y overol para reducir el contacto dermal con el suelo y el uso de máscaras y guantes para prevenir la ingestión accidental de suelo.

Durante los trabajos de remediación/construcción, todo potencial efecto a la salud debe ser manejado mediante el uso de medidas de protección personal, en concordancia con la normativa chilena aplicable para el trabajo con sustancias peligrosas. Además, cuando se realicen las excavaciones de las zonas demarcadas en la Figura 11 (extracto de la Figura 5 del Apéndice A) todos los trabajadores deben usar máscaras del tipo protector respiratorio, overol y guantes para eliminar el riesgo de una potencial exposición a los suelos en estas zonas.

Figura 11: Excedencias de nivel de riesgo para escenario de trabajador de la construcción.

El detalle de los datos de entrada y de salida de las simulaciones con el programa RISC5 para el escenario se presenta en el Apéndice B.

El contacto dermal con el agua subterránea durante los trabajos de remediación/construcción no fue considerada una vía de exposición potencial para el Sitio, toda vez que los trabajadores no excavarán manualmente hasta la franja capilar, y por tanto, no entrarán en contacto con el agua subterránea.

4.8.2 Trabajador de la Construcción en el Sitio en Labores de Supervisión

Se consideró adicionalmente el escenario de exposición del supervisor de las faenas de remediación/construcción. Se supone este trabajador está expuestos a los vapores provenientes del suelo y el agua subterránea a través de la inhalación de vapores en espacio interiores (oficina). Los espacios interiores pueden ser instalaciones prefabricadas, y se asume que será construida en una losa sobre la superficie del suelo, sin nivel subterráneo. Para este escenario, se consideraron las máximas concentraciones de gas de suelo medidas en el Sitio (sección 3.3.1.3). En la Tabla 20 (sección 3.5.1) se presenta el resumen de los parámetros de entrada del modelo.

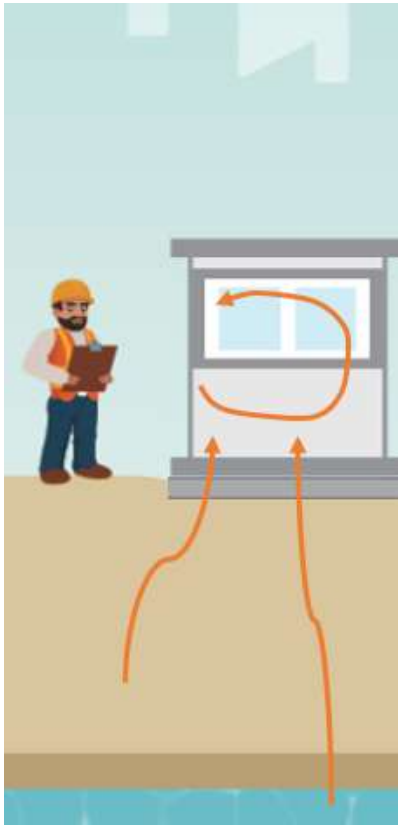


Figura 12: Escenario de exposición para cálculo de riesgo para supervisor en el Sitio.

El detalle de los datos de entrada y de salida de las simulaciones con el software RISC5 se presenta en el Apéndice B. En la Tabla 37 a continuación, se presenta un resumen de los resultados.

Tabla 37: Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de supervisor de trabajos de remediación/construcción

Parámetro	Concentración máxima gas de suelo (µg/m³)	ILCR	HI
Benceno	100	5,8E-07	6,9E-03
Etilbenceno	34	5,9E-08	6,6E-05
Tolueno	350	-	1,4E-04
Xilenos totales	290	-	5,9E-03
Naftaleno	9,8	2,1E-07	5,6E-03
Alifáticos C05-06	640	-	7,5E-05
Alifáticos C06-08	1.500	-	1,8E-04
Alifáticos C08-10	2.600	-	5,5E-03
Alifáticos C10-12	9.600	-	2,0E-02
Alifáticos C12-16	1.500	-	3,2E-03
Aromáticos C07-08	350	-	2,0E-03
Aromáticos C08-C10	440	-	4,8E-03
Aromáticos C10-12	<210	-	2,3E-03
Aromáticos C12-16	<210	-	2,3E-03
TOTAL		**8,5E-07**	**5,9E-02**

- : no determinado porque no es un compuesto cancerígeno.

Los niveles de riesgo calculados para la inhalación de vapores en espacios interiores son menores que los criterios de riesgo adoptados en la presente HHRA (HI =1 y ILCR total = 1E-05). Los resultados indican que el riesgo para la salud de este receptor es insignificante.

El detalle de los datos de entrada y de salida de las simulaciones con el software RISC5 se presenta en el Apéndice B.

4.9 Incertidumbres de la Evaluación de Riesgos

La incertidumbre es inherente al proceso de evaluación de riesgo. Las dos fuentes principales de incertidumbre son los supuestos propios de los métodos de estimación de riesgo (por ejemplo, incertidumbre del modelo) y la incertidumbre al definir los parámetros de entrada (por ejemplo, variación natural y datos imperfectos). El criterio conservador utilizado para la selección de valores de parámetros y el cálculo de riesgo y SSCL, se emplea con la intención de sobreestimar la exposición y el riesgo asociado, en lugar de subestimarlo. Algunas de las principales fuentes de incertidumbre en los cálculos de riesgo y SSCL se resumen en las siguientes secciones.

4.9.1 Modelación del Aire en Espacios Interiores

La inhalación de vapores del subsuelo en espacios interiores es una de las vías de exposición utilizadas en la presente HHRA. No se han realizado mediciones directas de aire en espacios interiores de los edificios existentes, sino que adyacentes a la losa de los establecimientos existentes. Por tanto, la concentración de

compuestos químicos en el aire de los espacios interiores fue estimada mediante modelos basados en las concentraciones medidas en el gas del suelo.

Los distintos parámetros de entrada del modelo asociados con edificios (tasa de recambio de aire, presión diferencial, agrietamiento, porosidad y volumen de agua en las grietas de la losa de fundación, etc.) rara vez están disponibles en esta etapa del proyecto y son difíciles de evaluar. En consecuencia, se utilizaron los valores predeterminados del software comercial RISC para edificios residenciales y comerciales. El uso de estos valores puede constituir una fuente de incertidumbre.

Por otra parte, el modelo supone una fuente de contaminación infinita en el tiempo, sin tomar en consideración el fenómeno de reducción de la concentración de sustancias en el suelo y el agua subterránea en el tiempo por volatilización o por los procesos de biodegradación (por ejemplo, biorremediación mejorada). Por lo tanto, es probable que los riesgos calculados estén sobreestimados en comparación con el riesgo real, el que es seguro.

4.9.2 Modelación del Aire en Espacios Abiertos

Otra vía de exposición es la inhalación de vapores provenientes del subsuelo en espacios abiertos (al aire libre). El modelo de aire exterior con fuente de impactos de gas de suelo no está incorporado en el programa RISC5. Por tanto, se usó la versión anterior del programa (RISC4) para estimar las concentraciones en la zona de respiración del receptor, es decir, justo por sobre el suelo o agua subterránea impactado.

Este modelo (llamado "caja"), sólo es aplicable para exposiciones en el Sitio (no aplica por ejemplo para receptores aguas abajo del Sitio, en un corredor de viento), y se asume que el receptor está permanentemente en el flujo de aire de la fuente de impacto. No se toma en consideración la dispersión vertical de compuestos y se supone que el viento siempre sopla en la dirección del receptor. Tampoco toma en cuenta procesos de atenuación de vapores, como la degradación o fotólisis. Por lo tanto, es probable que los riesgos calculados estén sobreestimados en comparación con el riesgo real.

4.9.3 Escenarios de Exposición

Los principales supuestos utilizados para estimar la exposición en los receptores de preocupación se basan en los datos predeterminados de características de exposición definidas en diferentes fuentes bibliográficas. Es probable que los individuos posean características (como peso corporal o tasa de inhalación), que difieren de las utilizadas.

Los parámetros de exposición utilizados pueden representar una fuente de incertidumbre. Información más específica del Sitio sobre el peso corporal promedio y otras características de receptores y de comportamiento, pueden ser de utilidad para mejorar las estimaciones de riesgos.

El tipo de fundación del edificio, el tiempo de exposición al suelo y agua subterránea impactados, son también fuentes de incertidumbre.

4.9.4 Valores de Referencia de Toxicidad

Debido a que los seres humanos presentan sensibilidad variable a los compuestos químicos y a la incertidumbre en la extrapolación de datos toxicológicos de animales a los seres humanos, en el proceso de definición de los TRV se utilizan prácticas conservadoras. Por ejemplo, los factores de pendiente (SF) normalmente se obtienen asumiendo que no existe umbral para un efecto en la salud, y mediante la extrapolación de los efectos de altas dosis observados en animales, a los efectos de bajas dosis en el medio

ambiente recibidas por los receptores humanos. Para los compuestos no cancerígenos, a los TRV para humanos se incorpora normalmente un factor de seguridad de 1.000 veces, con el fin de proporcionar protección adicional a la población humana. Por lo tanto, es probable que los cálculos de índices de ILCR y HI sean sobreestimaciones del verdadero riesgo. Por lo tanto, los TRV utilizados en la presente HHRA pueden representar una fuente de incertidumbre.

4.9.5 Biodisponibilidad Contaminante

El porcentaje de biodisponibilidad de un compuesto químico puede variar de 0% a 100%. Por lo tanto, utilizar las concentraciones del compuesto en la matriz ambiental para evaluar el riesgo para los receptores humanos es un criterio conservador, y probablemente sobreestima el verdadero riesgo.

4.9.6 Biodegradación de Contaminantes

La biodegradación de BTEX y fracciones volátiles de TPH es un mecanismo importante de eliminación de masa desde el suelo y el agua subterránea. Muchos estudios demuestran que los BTEX tienen tasas de degradación elevadas (Johnson et al, 2006, US EPA, 2013, ITRC, 2014). La presente HHRA no consideró los procesos de biodegradación, lo que podría derivar en estimaciones de nivel de riesgo y SSCL conservadores.

5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente HHRA fue desarrollada de acuerdo al procedimiento de RBCA, enfoque que es una práctica estándar para la definición de metas de remediación de sitios en países tales como Italia, Francia, Alemania, Suecia, Hungría, Australia, EEUU y Canadá. El enfoque metodológico de esta HHRA se centró en la metodología de Italia. Los niveles de riesgo y los SSCL se calcularon para los compuestos químicos individuales detectados en el Sitio y sus alrededores utilizando el Nivel 2 (Tier 2) del procedimiento RBCA. Estos SSCL se basan en el riesgo incremental de cáncer a lo largo de la vida (ILCR) y en el índice de peligro (HI) seleccionados en base a las recomendaciones de niveles y criterios conservadores de la normativa internacional: ILCR para compuesto individual = 1E-06, ILCR total = 1E-05, y HI = 1.

Se desarrolló un modelo conceptual para el área de estudio, que incluyó la evaluación de los potenciales receptores actuales y futuros. Los riesgos fueron calculados para determinar la necesidad de acciones de remediación para permitir el futuro redesarrollo. En base a los resultados de la HHRA, las vías de exposición evaluadas más críticas son la vía de exposición residencial por excedencias de SSCL en el suelo subsuperficial, así como la presencia de FLNA en el agua subterránea. Estos resultados indican que es necesario desarrollar acciones de remediación en el interior del Sitio.

Para el escenario de trabajador de las obras de remediación, los riesgos pueden ser adecuadamente abordados con usos de EPP y estrictos controles de protección del personal durante las obras.

Se determinó que no existe riesgo para los siguientes escenarios de usos dentro del Sitio y en los alrededores:

- Alrededores del Sitio: uso comercial y de equipamiento actual, y uso recreacional.
- Dentro del Sitio: escenario comercial y de equipamiento en superficie, escenario comercial y de equipamiento en subterráneo, trabajador de la construcción en el sitio en labores de supervisión y uso recreacional.

En base a los resultados, es necesario elaborar un plan de remediación que considere los impactos detectados en el suelo y el agua subterránea dentro del Sitio. Adicionalmente, se debe desarrollar un plan de excavaciones que incluya el uso de EPP específicos para las áreas identificadas como zonas de potencial riesgos durante las obras de un futuro proyecto de remediación.

En base a los resultados de HHRA, los usos futuros posibles para el Sitio, considerando los SSCL calculados para el suelo y agua subterránea corresponden a los establecidos en el PRC de Viña del Mar, que incluyen:

- Residenciales (edificios residenciales de gran altura y baja altura);
- Comercial / industrial;
- Calles y áreas verdes.

En base a los resultados de HHRA, en los alrededores del Sitio, el riesgo para la salud humana de los trabajadores de espacios interiores (Estación de Servicio COPEC) y los usuarios recreativos de la playa son aceptables para las concentraciones residuales de los compuestos de preocupación en el suelo y el agua subterráneas.

- **Niveles de Remediación Específicos para el Sitio (SSCL) para Suelo Subsuperficial – Escenario Residencial**

El cálculo de los SSCL para el suelo subsuperficial se realizó con el proceso de HHRA hacia atrás, con el objeto de calcular las concentraciones para los compuestos químicos en el suelo subsuperficial que protegen la salud de las personas. La comparación de los SSCL con las concentraciones máximas de los COPC detectadas en el Sitio, mostró que las concentraciones de benceno, etilbenceno y naftaleno exceden los SSCL calculados. Para los TPH, los SSCL identificados como Csat indican que no existe riesgo para la salud humana a ninguna concentración para este parámetro. Es decir, no existe riesgo por presencia de concentraciones de TPH a ninguna concentración, para los escenarios evaluados. No obstante, para efectos de objetivos de remediación del TPH se considerará la concentración de saturación equivalente a 6.000 mg/kg como objetivo de remediación, considerando que concentraciones de TPH superiores a este valor tendrán el potencial de formación de FLNA generando una fuente de contaminación del agua subterránea.

En función de estos resultados se determinó cuáles son las áreas que requieren acciones de remediación en las áreas excavables del Sitio, lo que resulta en una superficie de 40.000 m^2 aproximadamente.

- **Niveles de Remediación Específicos para el Sitio (SSCL) para Agua Subterránea – Escenario Residencial**

El cálculo de los SSCL para el agua subterránea se realizó con el proceso de HHRA hacia atrás, con el objeto de calcular las concentraciones para los compuestos químicos en el agua que protegen la salud de las personas. La comparación de los SSCL con las concentraciones máximas de los COPC detectadas en el Sitio, mostró algunas excedencias para el TPH alifático C12-C16, TPH alifático C6-C8 y TPH alifático C5-C6, por lo que se requiere implementar acciones de remediación en el agua subterránea.

Adicionalmente, en las campañas de muestreo se detectó FLNA en 3 pozos del sector Norte del Sitio. Considerando que la FLNA es una fuente de impacto para el agua subterránea, se ha determinado que estas áreas requieren acciones de remediación.

- **Niveles de Remediación Específicos para el Sitio (SSCL) para Gas de Suelo – Escenario Residencial**

Se cálculo los SSCL para gas de suelo mediante la metodología de HHRA hacia atrás, con el objeto de calcular las concentraciones para los compuestos químicos en el gas de suelo que protegen la salud de las personas. De este modo, los SSCL representan las metas de remediación para el gas de suelo en el Sitio, los que podrían utilizarse como objetivos en un futuro plan de remediación para el Sitio, ya que estos valores representan un equilibrio entre las concentraciones de CDI en el suelo y el agua subterránea, y los vapores presentes en los espacios porosos del suelo no saturado. En consecuencia, los SSCL de gas de suelo son aplicables como metas de remediación para la ruta de intrusión de vapores, validando que la remediación de agua subterránea y suelo han alcanzado su objetivo de remediación.

- **Escenario de Uso Comercial y Equipamiento Actual Alrededores del Sitio**

Uso Comercial y Equipamiento Actual en Área de Playa y Estación de Servicio PETROBRAS

En este escenario se evaluó el riesgo potencial para los trabajadores de establecimientos comerciales y de equipamiento ubicados en los alrededores del Sitio (Área de Playa y estación de servicios PETROBRAS), mediante el desarrolló la HHRA hacia adelante. El riesgo calculado está asociado a la inhalación de vapores en espacios interiores provenientes de compuestos volátiles en el suelo y en el agua subterránea.

La comparación de ILCR y HI calculados con los criterios de riesgo adoptados, muestra que el riesgo para los trabajadores de los establecimientos comerciales y de equipamientos existentes es insignificante. Las concentraciones de gas de suelo medidas en la proximidad de los establecimientos indican que los niveles de riesgo resultantes son al menos 1 orden de magnitud menor que los criterios de riesgo adoptados, y por tanto, las concentraciones de gas de suelo son compatibles con este escenario de exposición.

Uso Comercial y Equipamiento Actual en Estación de Servicio COPEC

Para evaluar el riesgo para la salud de los trabajadores actuales en los establecimientos comerciales y de equipamiento de la estación de servicio COPEC, se desarrolló la HHRA hacia adelante utilizando las máximas concentraciones de gas de suelo detectadas en las muestras recolectadas cerca de las losas de los establecimientos existentes en la estación de servicio.

El cálculo del riesgo no cancerígeno (HI) y riesgo cancerígeno (ILCR) relacionados con la exposición de trabajadores actuales en espacios interiores indica que el riesgo para la salud es insignificante, y muy inferior al nivel de riesgo aceptable para los compuestos no cancerígenos (HI = 1), para los compuestos cancerígenos individuales (ILCR individual = 1E-06) y para el total de compuestos cancerígenos (ILCR total = 1E-05). Los resultados indican que la exposición actual para los receptores de la estación de servicio cumple con los criterios de riesgo, y que las concentraciones medidas en gas de suelo son compatibles con este escenario de exposición.

- **Escenario de Uso Recreacional Área de Playa**

En este escenario se evaluó el riesgo potencial para las personas que hacen uso para fines recreacionales del Área de Playa que se ubica frente al Sitio, mediante el desarrolló la HHRA hacia adelante. El riesgo potencial evaluado está asociado al contacto dermal con el suelo y el agua subterránea, y con la inhalación de vapores en espacios abiertos, provenientes de compuestos volátiles en el suelo y en el agua subterránea.

Los cálculos de riesgo indicaron que para el usuario recreacional, tanto para el niño como para adulto, los niveles de riesgo total calculados para todos los compuestos y para todas las vías de exposición están por

debajo de los criterios de riesgo adoptados. Es decir, para el escenario de exposición recreacional en el Área de Playa el riesgo para la salud es insignificante, y se descarta la existencia de riesgo a la salud.

- **Trabajador de la Construcción**

Trabajador de la Construcción en el Sitio en Labores de Obras

En este escenario se calculó el riesgo para la salud asociado al escenario del trabajador de la construcción que participa de las obras del proyecto de remediación (también aplicable a cualquier obra o actividad de construcción dentro el sitio). Tomando en consideración la normativa chilena aplicable para el trabajo con sustancias peligrosas, se considera que el trabajador usa un overol de faena con mangas largas, con lo que la piel expuesta al contacto dermal corresponde al rostro y las manos. El supuesto de contacto dermal con el rostro y las manos es un supuesto conservador, ya que se debe considerar el uso de elementos de protección personal ("EPP") adicionales como guantes y mascarilla dependiendo del área de trabajo.

Los niveles de riesgo calculados para la inhalación de vapores en espacios abiertos (HI = 9,8E-02 y ILCR = 5,1E-07) resultaron en un riesgo insignificante para estos receptores, con niveles de riesgo considerablemente inferiores los asociados a la exposición directa.

El cálculo del riesgo no cancerígeno (HI) relacionado con la exposición directa de trabajadores de la construcción por ingestión accidental de suelo (HI = 3,3E-01) y por contacto dermal (HI = 5,5E-01), es inferior al máximo nivel de riesgo aceptable para los compuestos no cancerígenos (HI = 1). Los resultados indican que el riesgo para la salud de estos receptores es insignificante y que las concentraciones medidas en suelo son compatibles con este escenario de exposición.

El cálculo del riesgo cancerígeno (ILCR) relacionado con la exposición directa de trabajadores de la construcción por todas las vías (ILCR total = 8,1E-06) está por debajo del criterio de riesgo aceptable para el total de compuestos cancerígenos (ILCR = 1E-05). El criterio de ILCR para compuesto individual (1E-06) es levemente excedido por dieldrin y cromo VI. Estos COPC presentaron excedencias en menos del 3% del total de muestras (por ejemplo, 9 muestras de 568 analizadas) con respecto al valor de referencia de Tier 1, en zonas acotadas del Sitio.

Esta excedencia de los criterios de riesgos está calculada asumiendo un escenario de exposición altamente conservador que considera que el mismo trabajador está en contacto con los suelos impactados por un tiempo de 10 años durante la jornada de trabajo legal (9 horas cada día). Además, considerando que este riesgo está dado por el contacto directo y la ingestión de los suelos, el riesgo puede ser eliminado con el uso de EPP apropiados, específicamente, el uso de guantes y overol para reducir el contacto dermal con el suelo y el uso de máscaras y guantes para prevenir la ingestión accidental de suelo.

Trabajador de la Construcción en el Sitio en Labores de Supervisión

Se consideró adicionalmente el escenario de exposición del supervisor de las faenas de remediación/construcción. Se supone este trabajador está expuestos a los vapores provenientes del suelo y el agua subterránea a través de la inhalación de vapores en espacio interiores (oficina, instalaciones prefabricadas construida en una losa sobre la superficie del suelo, sin nivel subterráneo). Los niveles de riesgo calculados para la inhalación de vapores en espacios interiores son menores que los criterios de riesgo adoptados en la presente HHRA (HI total =1 y ILCR total = 1E-05). Los resultados indican que el riesgo para la salud de este receptor es insignificante.

6.0 REFERENCIAS

- Andalué Ambiental. 2014. *Estudio de Impacto ambiental – Protocolo de excavaciones y condiciones para edificar en terreno Las Salinas*.
- Arcadis. 2004. Adenda Nº 1 de Informe Consolidado de Solicitud de Aclaraciones, Rectificaciones y/o Ampliaciones Nº 1 al EIA "Proyecto de Recuperación Terreno Las Salinas".
- Arcadis. 2013. *Informe N° 3132-0000-MA-INF-002_1 Proyecto Recuperación Terreno Las Salinas – Informe final de la etapa de saneamiento Terreno Las Salinas*. Entregado agosto 2013.
- APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici). 2008. *Criteri metodologici per l' applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati " - appendice V*.
- ASTM International. 1995. *Standard Guide for Risk-Based Corrective Action applied at Petroleum Release Sites*. Documento E1739-95.
- ASTM International. 1998. *Standard Provisional Process for Risk-Based Corrective Action*. Documento ASTM PS-104.
- ASTM International. 2015. *Standard Guide for Risk-Based Corrective Action*. Documento E2081-00.
- BP Oil International. 2001. *Risk Integrated Software for Clean-ups (RISC) - User's Manual*.
- DLgs 152/2006 (Decreto Legislativo n. 152). 2006. *Norme in matera ambientale, screening values for residential land use*. Anexo 5.
- Golder (Golder Associates S.A.). 2016. Plan de Muestreo Las Salinas.
- IM Viña del Mar (Ilustre Municipalidad de Viña del Mar). 2007. *Decreto Alcaldicio N° 12.923 Fija Texto Definitivo de la Modificacin al Plan Regulador Comunal Vigente Sector Petroleras Las Salinas*. Promulgado 28 diciembre 2007. Disponible en http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=269449.
- ISS (Istituto Superiore della Sanità, Rome, Italy). 2008. *Loredana Musmeci et al. The ISS Reclamation Data Bank*. Ann Ist Super Sanità 2008. Vol. 44, No. 1: 75-81 75.
- ISS (Istituto Superiore della Sanità, Rome, Italy). 2000-2001. *Parere dell'Istituto Superiore della Sanità 2000-2001 - Gruppo di lavoro ARPA, ARPA Liguria, ARPA Piemonte sul Sito Acna di Cengio (SV*)
- ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council). 2015. Decision Making at Contaminated Site. Issues and Options in HumanHealth Risk Assessment. Disponible en: http://www.itrcweb.org/risk-3/Default.htm#Welcome.htm%3FTocPath%3D_____1. Consultado enero 2015.
- ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council). 2014. *Petroleum vapor intrustion (PVI) guidance document.*
- Johnson P.C. y R. Ettinger. 1991. *Heuristic Model for Predicting the Intrusion Rate of Contaminant Vapors into Buildings.* Environmental Science and Technology, 25 N°8, 1445- 1452.
- Johnson P., P. Lundegard y Z. Liu. 2006. *Source Zone Natural Attenuation at Petroleum Hydrocarbon Spill Sites.* Groundwater Monitoring and Remediation, 26, 82-92.
- MATTM (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Trerritorio e del Mare). 2014. *Linee guida sull'analisi di rischio ai sensi del DLgs 152/06 e ss.mm.ii.*
- Mercer J. y R. Cohen. 1993. *DNAPL Site Evaluation*. CRC Press.
- MMA (Ministerio Medio Ambiente). 2012. *Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.* Promulgado octubre 2012.
- MMA (Ministerio Medio Ambiente). 2012. *Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes*. Aprobada por Resolución exenta N° 406 en mayo 2013.
- Nazaroff, W.W. 1992. *Radon Transport from Soil to Air.* Review of Geophysics, 30 N°2, 137-160.

- NEPM (Australian National Environment Protection Measures). 2011. *Guideline on Investigation Levels For Soil and Groundwater, Schedule B1 – Health Screening Level (HSLs) for vapor intrusion – Residential High Density – sandy soils – source at 2-4 m bgs.*
- RISC5. *Risk Integrated Software for Clean-Ups User's Manual*. Versión 5, lanzada 2011.
- TCEQ (Texas Commission on Environmental Quality). 2015. *Texas Protective Concentration Level (PCL) – Resident Soil – Inhalation Exposure – 30 acre source area*.
- TPH CWG (Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series). 1997. *Volume 4: Development of Fraction Specific Reference Doses and Reference Concentrations of Total Petroleum Hydrocarbons.*
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). 1989. *Risk Assessment Guidance for Superfund*.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). 1991. *Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS): Volume 1 - Human Health Evaluation Manual: Part B, Development of risk-based preliminary remediation goals*.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). 1995. *Ground Water Issue - Light Nonaqueous Phase Liquids*. EPA/540/S-95/500. Disponible en https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/lnapl.pdf
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). 2004a. *User's Guide for Evaluating Subsurface Vapor Intrusion into Buildings*.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). 2004b. *Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS): Volume 1 - Human Health Evaluation Manual: Part E, Supplemental guidance for dermal risk assessment*.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). 2004c. *User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into buildings*.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). 2011. *Exposure Factors Handbook 2011 Edition.*
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). 2013. *Evaluation of Empirical Data and Modeling Studies to Support Soil Vapor Intrusion Screening Criteria for Petroleum Hydrocarbon Compounds*.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). 2015. *Oswer Technical Guide for Assessing and Mitigating the Vapor Intrusion Pathway from Subsurface Vapor Sources to Indoor Air*.
- USEPA-IRIS (United States Environmental Protection Agency - Integrated Risk Information System). 2012. Summaries/Toxicological Reviews. Disponible en: http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/index.cfm. Consultado: December 2014.
- US EPA-RAIS (United States Environmental Protection Agency - Risk Assessment Information System). Disponible en https://rais.ornl.gov/tools/profile.php.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). 2015. *Regional Screening Levels (RSLs) – Generic Tables – Resident soil table – Inhalation Exposure (TR = 1E-06, THQ = 1.0)*.
- VROM (Dutch Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment). 2000. *Dutch Intervention Values*.
- Zemo, D.A. y G.R, Foote. 2003. *The Technical Case for Eliminating the Use of the TPH Analysis in Assessing and Regulating Dissolved Petroleum Hydrocarbons in Groundwater*. Groundwater Monitorin&Remediation, 23, no.3/2003.

APENDICE A

FIGURAS

261750 262000 262250

6346000 6345750 6345500 6345250

N W E S

HELADERIA

KIOSCOS

EESS

KIOSCOS

Avenida Jorge Montt

Calle 19 Norte

Avenida Alessandri

KIOSCOS

EESS

Calle 18 Norte

0 12,5 25 50 75 100 m

REFERENCIA:
PROYECCIÓN/HUSO: UTM/ 19 sur
DATUM: WGS84

261750 262000 262250

SIMBOLOGÍA

Área de proyecto (Paño)

Alrededores sitio

Área de playa y estaciones de servicio

GOLDER

LAS SALINAS INMOBILIARIA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO "SANEAMIENTO DEL TERRENO LAS SALINAS"

EVALUACIÓN DE RIESGOS PLANO DE SITIO

DISEÑO	P.M.	OCT 18	N° PROYECTO:179 216 2901	
GIS	J.L.R.	OCT 18	ESCALA:	REV A
REVISO	S.G.	OCT 18	**FIGURA 1**	

Path: J:\COPEC\ILS\99_PROJECTS\179 216 2901\01_WORKSPACE\MXD\Rev A\HHRA\Figura 1 HHRA_LocalizacionGeneralProyecto_RevA.mxd

SIMBOLOGÍA

- Sondaje de suelo
- Instalación pozo para agua subterránea
- Pa — Pozo de muestreo pesticidas
- Ps — Sondaje de muestreo pesticidas
- PCBa — Pozo de muestreo PCB
- PCBs — Sondaje de muestreo PCB
- Pozo de agua subterránea hasta medio rocoso
- Pozo existente
- Punto de muestreo de gas de suelo
- Punto de muestreo de agua en zona de rompiente
- Grilla (33 x 33 m)
- Grilla (33x33) Área de Estudio
- Área de proyecto (Paño)

GOLDER

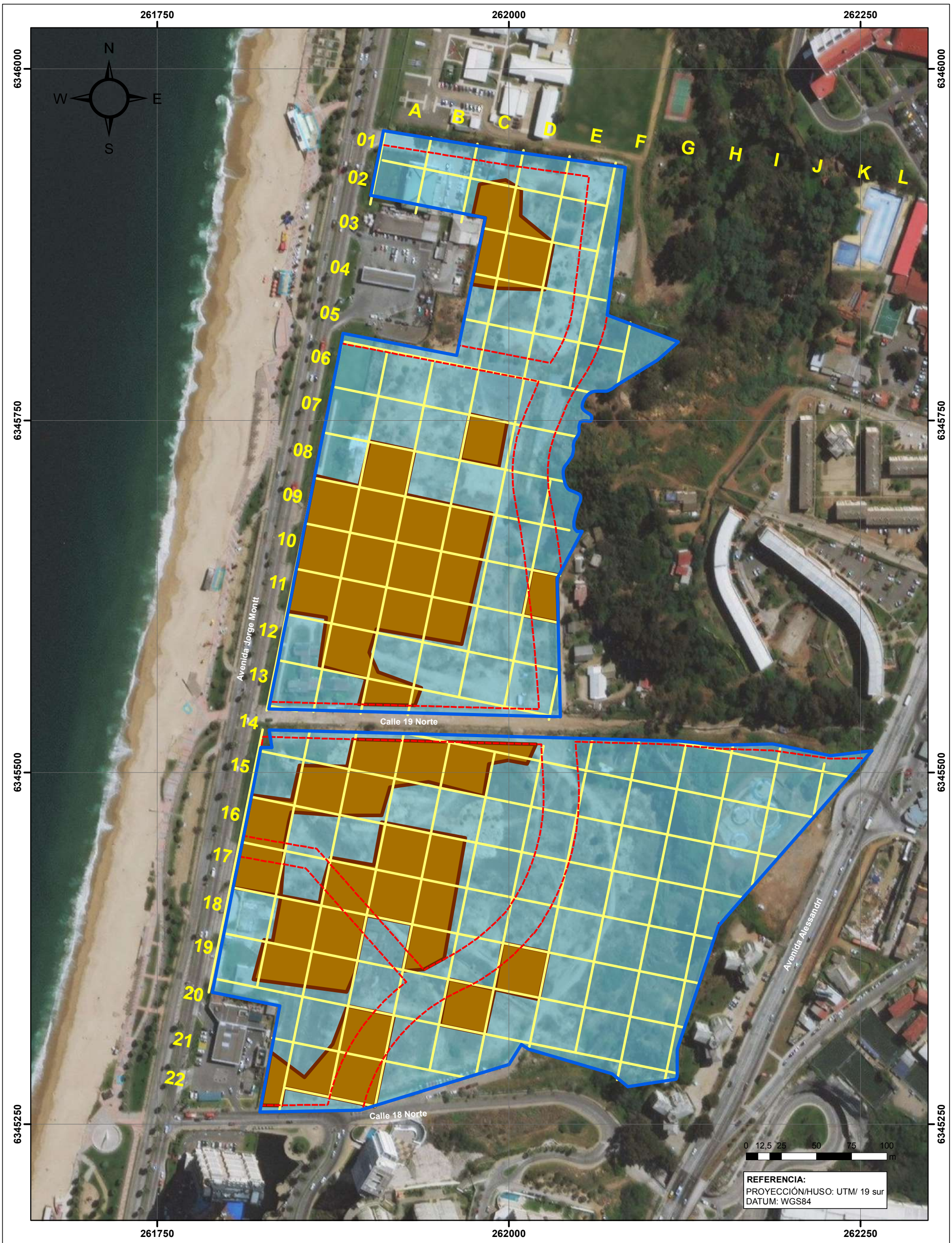
LAS SALINAS INMOBILIARIA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO "SANEAMIENTO DEL TERRENO LAS SALINAS"

EVALUACIÓN DE RIESGOS INVESTIGACIONES DEL PLAN DE MUESTREO 2015-2016

DISEÑO	P.M.	OCT 18	N° PROYECTO:179 216 2901	
GIS	J.L.R.	OCT 18	ESCALA:	REV A
REVISO	S.G.	OCT 18	**FIGURA 2**	

Path: J:\COPEC\ILS\99_PROJECTS\179 216 2901\01_WORKSPACE\MXD\Rev A\HHRA\Figura 2 HHRA_PlanMuestreo_RevA.mxd



SIMBOLOGÍA

- Grilla (33 x 33 m)
- Excedencias niveles de remediación específicos del sitio (SSCL) del suelo subsuperficial para uso residencial
- Área de proyecto (Paño)

GOLDER

LAS SALINAS INMOBILIARIA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO "SANEAMIENTO DEL TERRENO LAS SALINAS"

EVALUACIÓN DE RIESGOS EXCEDENCIAS A SSCL EN SUELO SUBSUPERFICIAL

DISEÑO	P.M.	OCT 18	N° PROYECTO:179 216 2901	
GIS	J.L.R.	OCT 18	ESCALA:	REV A
REVISO	S.G.	OCT 18	**FIGURA 3**	

Path: J:\COPEC\ILS\99_PROJECTS\179 216 2901\01_WORKSPACE\MXD\Rev A\HHRA\Figura 3 HHRA_ExcedenciasSSCL Suelo subsuperficial_RevA.mxd

SIMBOLOGÍA

- Pozo de fase líquida no acuosa
- Grilla (33 x 33 m)
- Área de proyecto (Paño)

Fase líquida liviana no acuosa (FLNA)

- Espesor aparente 0,1 cm - 1 cm
- Espesor aparente 1 cm - 20 cm

GOLDER

LAS SALINAS INMOBILIARIA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO "SANEAMIENTO DEL TERRENO LAS SALINAS"

EVALUACIÓN DE RIESGOS DETECCIÓN DE FLNA EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DEL SITIO

DISEÑO	P.M.	OCT 18	N° PROYECTO:179 216 2901	
GIS	J.L.R.	OCT 18	ESCALA:	REV A
REVISO	S.G.	OCT 18	**FIGURA 4**	

Path: J:\COPEC\ILS\99_PROJECTS\179 216 2901\01_WORKSPACE\MXD\Rev A\HHRA\Figura 4 HHRA_DeteccIónFLNA en agua subterranea_RevA.mxd

SIMBOLOGÍA

Áreas de potencial riesgo

- Dieldrin - Cromo VI
- Áreas de riesgo potencial para trabajador de contrucción
- Grilla (33 x 33 m)
- Área de proyecto (Paño)

GOLDER

LAS SALINAS INMOBILIARIA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO "SANEAMIENTO DEL TERRENO LAS SALINAS"

EVALUACIÓN DE RIESGOS ÁREAS DE POTENCIAL RIESGO PARA TRABAJADOR DE LA CONSTRUCCIÓN

DISEÑO	P.M.	OCT 18	N° PROYECTO:179 216 2901	
GIS	J.L.R.	OCT 18	ESCALA:	REV A
REVISO	S.G.	OCT 18	**FIGURA 5**	

Path: J:\COPEC\ILS\99_PROJECTS\179 216 2901\01_WORKSPACE\MXD\Rev A\HHRA\Figura 5 HHRA_Áreas Potencial Riesgo_RevA.mxd

APENDICE B

DATOS DE ENTRADA Y DE SALIDA DE LAS SIMULACIONES CON EL PROGRAMA RISC5

Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

Model Description:

Source media: Unsaturated zone soil beneath a building
Johnson and Ettinger Indoor air model
Volatilization from unsaturated soil source to indoor air (onsite)

Unsaturated Zone Soil Source		
Depth to top of source	m	0,0E+00
Thickness of contamination	m	1,0E+00
Length of source	m	2,0E+01
Width of source	m	2,0E+01
Depth to top of contamination	m	0,0E+00
Soil bulk density	g/cm3	1,7E+00
Fraction organic carbon	g/g	3,4E-05

*** Lens not used

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm3/cm3	3,8E-01
Water content	cm3/cm3	5,4E-02
Air content	cm3/cm3	3,3E-01
Distance from source to building	m	1,0E-02
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Building Parameters		
Diffusion only case		
Foundation thickness	cm	1,0E+02
Fraction of cracks	cm3/cm3	2,0E-04
Porosity in cracks	-	2,5E-01
Water content in cracks	-	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	2,0E+01
Enclosed space floor width	m	2,0E+01
Enclosed space height	m	5,4E+00
Volume of building	m3	2,2E+03
Number of air changes per hour	1/hr	5,0E-01

Unsaturated Zone Soil Source for Vapor Model		
Aldrin	mg/kg	1,0E+01
Benzene	mg/kg	4,5E-01
Dieldrin	mg/kg	1,0E+01
Ethylbenzene	mg/kg	1,6E+00
Naphthalene	mg/kg	2,3E+00
PCBs (Aroclor 1254)	mg/kg	1,0E+01
Toluene	mg/kg	4,0E+02
TPH Aliphatic C10-12	mg/kg	6,0E+03
TPH Aliphatic C12-16	mg/kg	6,0E+03
TPH Aromatic C10-12	mg/kg	6,0E+03
TPH Aromatic C12-16	mg/kg	6,0E+03
Xylenes (total)	mg/kg	5,0E+01

Chemical Properties	Units	Aldrin	Benzene	Dieldrin	Ethylbenzene	Naphthalene	PCBs (Aroclor 1254)	Toluene	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C12-16	Xylenes (total)
Diffusion coefficient in air	cm2/s	1,3E-02	8,8E-02	1,3E-02	7,5E-02	5,9E-02	1,0E-01	8,7E-02	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	8,5E-02
Diffusion coefficient in water	cm2/s	4,9E-06	9,8E-06	4,7E-06	7,8E-06	7,5E-06	1,0E-05	8,6E-06	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	9,9E-06
Solubility	mg/l	1,8E-01	1,8E+03	2,0E-01	1,7E+02	3,1E+01	4,3E-02	5,3E+02	3,4E-02	7,6E-04	2,5E+01	5,8E+00	1,1E+02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
KOC (organiChem carbon partition coefficient	L/kg	2,5E+06	5,9E+01	2,1E+04	3,6E+02	2,0E+03	3,1E+05	1,8E+02	2,5E+05	5,0E+06	2,5E+03	5,0E+03	3,8E+02
Henry's Law coefficient	m3-H2O)/(m3-air	6,9E-03	2,3E-01	6,2E-04	3,2E-01	2,0E-02	1,2E-02	2,7E-01	1,3E+02	5,4E+02	1,4E-01	5,4E-02	2,1E-01
Molecular weight	g/mol	3,6E+02	7,8E+01	3,8E+02	1,1E+02	1,3E+02	2,3E+02	9,2E+01	1,6E+02	2,0E+02	1,3E+02	1,5E+02	1,1E+02

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:	**SSCLs for soil residential - deltaP=0 source distance 1 cm**
Date:	**08-07-2018 13:45:21**

Receptors:
Child Resident - Upper Percentile
Adult Resident - Upper Percentile
Risk results ARE NOT added for carcinogens

Routes:
Inhalation of Indoor Air

Chemicals:
Aldrin
Benzene
Dieldrin
Ethylbenzene
Naphthalene
PCBs (Aroclor 1254)
Toluene
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C12-16
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C12-16
Xylenes (total)

Exposure Parameters

Exposure Pathway	**Units**	**Child Resident - Upper Percentile**	**Adult Resident - Upper Percentile**
Body weight	kg	15	70
Averaging time for carcinogens	yr	70	70
Exposure duration	yr	6	24

Inhalation of Indoor Air	**Units**	**Child Resident - Upper Percentile**	**Adult Resident - Upper Percentile**
Exposure frequency for indoor air	events/yr	350	350
Time indoors	hr/d	24	24
Inhalation rate indoors	m3/hr	0,625	0,625

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	**Units**	**Aldrin**	**Benzene**	**Dieldrin**	**Ethylbenzene**	**Naphthalene**	**PCBs (Aroclor 1254)**	**Toluene**	**TPH Aliphatic C10-12**	**TPH Aliphatic C12-16**	**TPH Aromatic C10-12**	**TPH Aromatic C12-16**	**Xylenes (total)**
Inhalation Slope Factor	1/(mg/kg-day)	17,1	2,73E-02	16,1	8,75E-03	0,119	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inhalation Reference Dose	mg/kg-day	ND	8,57E-03	ND	0,286	8,57E-04	ND	1,43	0,29	0,29	5,70E-02	5,70E-02	2,86E-02

Exposure Point Concentrations for Modeled Media
Obtained from Fate and Transport Output

For carcinogenic risk, concentrations are averaged over the exposure duration (ED).
For non-carcinogenic risk, concentrations are averaged over the minimum of 7 years or the ED.

Modeled Concentrations for Indoor Air
Exposure Point Concentration for Carcinogens

Receptor Description	**Exposure Duration**	**Aldrin**	**Benzene**	**Dieldrin**	**Ethylbenzene**	**Naphthalene**	**PCBs (Aroclor 1254)**	**Toluene**	**TPH Aliphatic C10-12**	**TPH Aliphatic C12-16**	**TPH Aromatic C10-12**	**TPH Aromatic C12-16**	**Xylenes (total)**
	yr	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**
Carcinogens													

ESCENARIO RESIDENCIAL - SUELO SUBSUPERFICIAL

Child Resident - Upper Percentile	6,00E+00	4,46E-08	4,57E-04	6,19E-09	1,44E-03	1,06E-04	2,20E-07	5,10E-02	1,81E-03	1,68E-04	1,44E-03	1,28E-04	7,76E-03
Adult Resident - Upper Percentile	2,40E+01	4,52E-08	4,06E-04	6,26E-09	1,30E-03	1,07E-04	2,23E-07	5,17E-02	1,83E-03	1,70E-04	1,45E-03	1,30E-04	7,86E-03

Modeled Concentrations for Indoor Air **Exposure Point Concentration for Non-Carcinogens** **Receptor Description**	**Exposure Duration** **yr**	**Aldrin** **mg/m3**	**Benzene** **mg/m3**	**Dieldrin** **mg/m3**	**Ethylbenzene** **mg/m3**	**Naphthalene** **mg/m3**	**PCBs (Aroclor 1254)** **mg/m3**	**Toluene** **mg/m3**	**TPH Aliphatic C10-12** **mg/m3**	**TPH Aliphatic C12-16** **mg/m3**	**TPH Aromatic C10-12** **mg/m3**	**TPH Aromatic C12-16** **mg/m3**	**Xylenes (total)** **mg/m3**
Non-Carcinogens													
Child Resident - Upper Percentile	6,00E+00	4,46E-08	4,57E-04	6,19E-09	1,44E-03	1,06E-04	2,20E-07	5,10E-02	1,81E-03	1,68E-04	1,44E-03	1,28E-04	7,76E-03
Adult Resident - Upper Percentile	7,00E+00	4,47E-08	4,55E-04	6,20E-09	1,44E-03	1,06E-04	2,21E-07	5,12E-02	1,82E-03	1,69E-04	1,44E-03	1,29E-04	7,78E-03

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:
Child Resident - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Aldrin	6,3E-08	**6,3E-08**
Benzene	1,0E-06	**1,0E-06**
Dieldrin	8,2E-09	**8,2E-09**
Ethylbenzene	1,0E-06	**1,0E-06**
Naphthalene	1,0E-06	**1,0E-06**
PCBs (Aroclor 1254)	3,6E-08	**3,6E-08**
Toluene	ND	**ND**
TPH Aliphatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aliphatic C12-16	ND	**ND**
TPH Aromatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aromatic C12-16	ND	**ND**
Xylenes (total)	ND	**ND**
TOTAL	**3,2E-06**	**3,2E-06**

Receptor 2:
Adult Resident - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Aldrin	5,5E-08	**5,5E-08**
Benzene	7,8E-07	**7,8E-07**
Dieldrin	7,1E-09	**7,1E-09**
Ethylbenzene	8,0E-07	**8,0E-07**
Naphthalene	9,0E-07	**9,0E-07**
PCBs (Aroclor 1254)	3,1E-08	**3,1E-08**
Toluene	ND	**ND**
TPH Aliphatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aliphatic C12-16	ND	**ND**
TPH Aromatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aromatic C12-16	ND	**ND**
Xylenes (total)	ND	**ND**
TOTAL	**2,6E-06**	**2,6E-06**

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:
Child Resident - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Aldrin	ND	**ND**
Benzene	5,1E-02	**5,1E-02**
Dieldrin	ND	**ND**
Ethylbenzene	4,8E-03	**4,8E-03**
Naphthalene	1,2E-01	**1,2E-01**
PCBs (Aroclor 1254)	ND	**ND**
Toluene	3,4E-02	**3,4E-02**
TPH Aliphatic C10-12	6,0E-03	**6,0E-03**
TPH Aliphatic C12-16	5,6E-04	**5,6E-04**
TPH Aromatic C10-12	2,4E-02	**2,4E-02**
TPH Aromatic C12-16	2,2E-03	**2,2E-03**
Xylenes (total)	2,6E-01	**2,6E-01**
TOTAL	**5,0E-01**	**5,0E-01**

Receptor 2:
Adult Resident - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Aldrin	ND	**ND**
Benzene	1,1E-02	**1,1E-02**
Dieldrin	ND	**ND**
Ethylbenzene	1,0E-03	**1,0E-03**
Naphthalene	2,6E-02	**2,6E-02**
PCBs (Aroclor 1254)	ND	**ND**
Toluene	7,4E-03	**7,4E-03**
TPH Aliphatic C10-12	1,3E-03	**1,3E-03**
TPH Aliphatic C12-16	1,2E-04	**1,2E-04**
TPH Aromatic C10-12	5,2E-03	**5,2E-03**
TPH Aromatic C12-16	4,6E-04	**4,6E-04**
Xylenes (total)	5,6E-02	**5,6E-02**
TOTAL	**1,1E-01**	**1,1E-01**

Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

Model Description:

Source media: Groundwater (dissolved phase concentration)
Saturated zone model (dissolved phase source)

*** Lens not used

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm3/cm3	3,8E-01
Water content	cm3/cm3	5,4E-02
Air content	cm3/cm3	3,3E-01
Distance from groundwater to building	m	3,0E-01
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Capillary Fringe		
Thickness of the capillary fringe	cm	1,7E+01
Air content	-	1,2E-01
Water content	-	2,5E-01

Building Parameters		
Diffusion only case		
Foundation thickness	cm	1,0E+02
Fraction of cracks	cm3/cm3	2,0E-04
Porosity in cracks	-	2,5E-01
Water content in cracks	-	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	2,0E+01
Enclosed space floor width	m	2,0E+01
Enclosed space height	m	6,4E+00
Volume of building	m3	2,6E+03
Number of air changes per hour	1/hr	5,0E-01

Dissolved Source for Groundwater Model [mg/l]		
Aldrin	mg/l	1,0E+00
Benzene	mg/l	4,0E+00
Ethylbenzene	mg/l	6,0E+00
Naphthalene	mg/l	8,0E+00
Toluene	mg/l	6,0E+00
TPH Aliphatic C5-6	mg/l	6,0E-01
TPH Aliphatic C6-8	mg/l	6,0E-01
TPH Aliphatic C8-10	mg/l	6,0E-01
TPH Aliphatic C10-12	mg/l	6,0E-01
TPH Aliphatic C12-16	mg/l	1,3E+00
TPH Aromatic C10-12	mg/l	4,0E+00
TPH Aromatic C12-16	mg/l	4,0E+00
Xylenes (total)	mg/l	3,0E+00

Chemical Properties	Units	Aldrin	Benzene	Ethylbenzene	Naphthalene	Toluene	TPH Aliphatic C5-6	TPH Aliphatic C6-8	TPH Aliphatic C8-10	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C12-16	Xylenes (total)
Diffusion coefficient in air	cm2/s	1,3E-02	8,8E-02	7,5E-02	5,9E-02	8,7E-02	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	8,5E-02
Diffusion coefficient in water	cm2/s	4,9E-06	9,8E-06	7,8E-06	7,5E-06	8,6E-06	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	9,9E-06
Solubility	mg/l	1,8E-01	1,8E+03	1,7E+02	3,1E+01	5,3E+02	3,6E+01	5,4E+00	4,3E-01	3,4E-02	7,6E-04	2,5E+01	5,8E+00	1,1E+02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
KOC (organiChem carbon partition coefficient	L/kg	2,5E+06	5,9E+01	3,6E+02	2,0E+03	1,8E+02	7,9E+02	4,0E+03	3,2E+04	2,5E+05	5,0E+06	2,5E+03	5,0E+03	3,8E+02
Henry's Law coefficient	m3-H2O)/(m3-air	6,9E-03	2,3E-01	3,2E-01	2,0E-02	2,7E-01	3,4E+01	5,1E+01	8,2E+01	1,3E+02	5,4E+02	1,4E-01	5,4E-02	2,1E-01
Molecular weight	g/mol	3,6E+02	7,8E+01	1,1E+02	1,3E+02	9,2E+01	8,1E+01	1,0E+02	1,3E+02	1,6E+02	2,0E+02	1,3E+02	1,5E+02	1,1E+02

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:

Date: **10-01-2018 14:44:01**

Receptors:
Child Resident - Upper Percentile
Adult Resident - Upper Percentile
Risk results ARE added for carcinogens

Routes:
Inhalation of Indoor Air

Chemicals:
Aldrin
Benzene
Ethylbenzene
Naphthalene
Toluene
TPH Aliphatic C5-6
TPH Aliphatic C6-8
TPH Aliphatic C8-10
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C12-16
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C12-16
Xylenes (total)

Exposure Parameters

Exposure Pathway	**Units**	**Child Resident - Upper Percentile**	**Adult Resident - Upper Percentile**
Body weight	kg	15	70
Averaging time for carcinogens	yr	70	70
Exposure duration	yr	6	24

Inhalation of Indoor Air	**Units**	**Child Resident - Upper Percentile**	**Adult Resident - Upper Percentile**
Exposure frequency for indoor air	events/yr	350	350
Time indoors	hr/d	24	24
Inhalation rate indoors	m3/hr	0,625	0,625

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	**Units**	**Aldrin**	**Benzene**	**Ethylbenzene**	**Naphthalene**	**Toluene**	**TPH Aliphatic C5-6**	**TPH Aliphatic C6-8**	**TPH Aliphatic C8-10**	**TPH Aliphatic C10-12**	**TPH Aliphatic C12-16**	**TPH Aromatic C10-12**	**TPH Aromatic C12-16**	**Xylenes (total)**
Inhalation Slope Factor	1/(mg/kg-day)	17,1	2,73E-02	8,75E-03	0,119	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inhalation Reference Dose	mg/kg-day	ND	8,57E-03	0,286	8,57E-04	1,43	5,26	5,26	0,29	0,29	0,29	5,70E-02	5,70E-02	2,86E-02

Exposure Point Concentrations for Modeled Media

Obtained from Fate and Transport Output

For carcinogenic risk, concentrations are averaged over the exposure duration (ED).
For non-carcinogenic risk, concentrations are averaged over the minimum of 7 years or the ED.

Modeled Concentrations for Indoor Air
Exposure Point Concentration for Carcinogens

Receptor Description	**Exposure Duration yr**	**Aldrin mg/m3**	**Benzene mg/m3**	**Ethylbenzene mg/m3**	**Naphthalene mg/m3**	**Toluene mg/m3**	**TPH Aliphatic C5-6 mg/m3**	**TPH Aliphatic C6-8 mg/m3**	**TPH Aliphatic C8-10 mg/m3**	**TPH Aliphatic C10-12 mg/m3**	**TPH Aliphatic C12-16 mg/m3**	**TPH Aromatic C10-12 mg/m3**	**TPH Aromatic C12-16 mg/m3**	**Xylenes (total) mg/m3**
Carcinogens														
Child Resident - Upper Percentile	6,00E+00	3,14E-07	2,78E-04	5,03E-04	3,23E-05	4,91E-04	7,06E-03	1,06E-02	1,70E-02	2,70E-02	2,34E-01	1,94E-04	7,48E-05	1,85E-04
Adult Resident - Upper Percentile	2,40E+01	3,18E-07	2,81E-04	5,09E-04	3,27E-05	4,97E-04	7,15E-03	1,07E-02	1,72E-02	2,73E-02	2,37E-01	1,96E-04	7,57E-05	1,88E-04

Modeled Concentrations for Indoor Air

ESCENARIO RESIDENCIAL - AGUA SUBTERRÁNEA

Exposure Point Concentration for Non-Carcinogens Receptor Description	Exposure Duration yr	Aldrin mg/m3	Benzene mg/m3	Ethylbenzene mg/m3	Naphthalene mg/m3	Toluene mg/m3	TPH Aliphatic C5-6 mg/m3	TPH Aliphatic C6-8 mg/m3	TPH Aliphatic C8-10 mg/m3	TPH Aliphatic C10-12 mg/m3	TPH Aliphatic C12-16 mg/m3	TPH Aromatic C10-12 mg/m3	TPH Aromatic C12-16 mg/m3	Xylenes (total) mg/m3
Non-Carcinogens														
Child Resident - Upper Percentile	6,00E+00	3,14E-07	2,78E-04	5,03E-04	3,23E-05	4,91E-04	7,06E-03	1,06E-02	1,70E-02	2,70E-02	2,34E-01	1,94E-04	7,48E-05	1,85E-04
Adult Resident - Upper Percentile	7,00E+00	3,15E-07	2,78E-04	5,04E-04	3,24E-05	4,93E-04	7,08E-03	1,06E-02	1,71E-02	2,71E-02	2,34E-01	1,94E-04	7,49E-05	1,86E-04

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:
Child Resident - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Aldrin	4,4E-07	**4,4E-07**
Benzene	6,2E-07	**6,2E-07**
Ethylbenzene	3,6E-07	**3,6E-07**
Naphthalene	3,2E-07	**3,2E-07**
Toluene	ND	**ND**
TPH Aliphatic C5-6	ND	**ND**
TPH Aliphatic C6-8	ND	**ND**
TPH Aliphatic C8-10	ND	**ND**
TPH Aliphatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aliphatic C12-16	ND	**ND**
TPH Aromatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aromatic C12-16	ND	**ND**
Xylenes (total)	ND	**ND**
TOTAL	**1,7E-06**	**1,7E-06**

Receptor 2:
Adult Resident - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Aldrin	3,8E-07	**3,8E-07**
Benzene	5,4E-07	**5,4E-07**
Ethylbenzene	3,1E-07	**3,1E-07**
Naphthalene	2,8E-07	**2,8E-07**
Toluene	ND	**ND**
TPH Aliphatic C5-6	ND	**ND**
TPH Aliphatic C6-8	ND	**ND**
TPH Aliphatic C8-10	ND	**ND**
TPH Aliphatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aliphatic C12-16	ND	**ND**
TPH Aromatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aromatic C12-16	ND	**ND**
Xylenes (total)	ND	**ND**
TOTAL	**1,5E-06**	**1,5E-06**

Receptor 3:
Receptor 1 and 2 Added Together

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Aldrin	8,3E-07	**8,3E-07**
Benzene	1,2E-06	**1,2E-06**
Ethylbenzene	6,8E-07	**6,8E-07**
Naphthalene	5,9E-07	**5,9E-07**
Toluene	0,0E+00	**ND**
TPH Aliphatic C5-6	0,0E+00	**ND**
TPH Aliphatic C6-8	0,0E+00	**ND**
TPH Aliphatic C8-10	0,0E+00	**ND**
TPH Aliphatic C10-12	0,0E+00	**ND**
TPH Aliphatic C12-16	0,0E+00	**ND**
TPH Aromatic C10-12	0,0E+00	**ND**
TPH Aromatic C12-16	0,0E+00	**ND**
Xylenes (total)	0,0E+00	**ND**
TOTAL	**3,3E-06**	**3,3E-06**

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:
Child Resident - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Aldrin	ND	**ND**
Benzene	3,1E-02	**3,1E-02**
Ethylbenzene	1,7E-03	**1,7E-03**
Naphthalene	3,6E-02	**3,6E-02**
Toluene	3,3E-04	**3,3E-04**
TPH Aliphatic C5-6	1,3E-03	**1,3E-03**
TPH Aliphatic C6-8	1,9E-03	**1,9E-03**
TPH Aliphatic C8-10	5,6E-02	**5,6E-02**
TPH Aliphatic C10-12	8,9E-02	**8,9E-02**
TPH Aliphatic C12-16	7,7E-01	**7,7E-01**
TPH Aromatic C10-12	3,3E-03	**3,3E-03**
TPH Aromatic C12-16	1,3E-03	**1,3E-03**
Xylenes (total)	6,2E-03	**6,2E-03**
TOTAL	**1,0E+00**	**1,0E+00**

Receptor 2:
Adult Resident - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Aldrin	ND	**ND**
Benzene	6,7E-03	**6,7E-03**
Ethylbenzene	3,6E-04	**3,6E-04**
Naphthalene	7,8E-03	**7,8E-03**
Toluene	7,1E-05	**7,1E-05**
TPH Aliphatic C5-6	2,8E-04	**2,8E-04**
TPH Aliphatic C6-8	4,2E-04	**4,2E-04**
TPH Aliphatic C8-10	1,2E-02	**1,2E-02**
TPH Aliphatic C10-12	1,9E-02	**1,9E-02**
TPH Aliphatic C12-16	1,7E-01	**1,7E-01**
TPH Aromatic C10-12	7,0E-04	**7,0E-04**
TPH Aromatic C12-16	2,7E-04	**2,7E-04**
Xylenes (total)	1,3E-03	**1,3E-03**
TOTAL	**2,2E-01**	**2,2E-01**

ESCENARIO RESIDENCIAL - GAS DE SUELO

Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

Model Description:

Source media: Soil Gas
Johnson and Ettinger Indoor air model
Volatilization from soil gas source to indoor air (onsite)

*** Lens not used

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm3/cm3	3,8E-01
Water content	cm3/cm3	5,4E-02
Air content	cm3/cm3	3,3E-01
Distance from source to building	m	1,0E-02
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Building Parameters		
Diffusion and convection considered		
Foundation thickness	cm	1,0E+02
Fraction of cracks	cm3/cm3	2,0E-04
Porosity in cracks	-	2,5E-01
Water content in cracks	-	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	2,0E+01
Enclosed space floor width	m	2,0E+01
Enclosed space height	m	5,4E+00
Volume of building	m3	2,2E+03
Number of air changes per hour	1/hr	5,0E-01
Qsoil (soil gas flux into building)	l/min	5,0E+00
Qsoil in m3/hr	m3/hr	3,0E-01

Soil Gas Source Concentration for Vapor Model		
Chemical	Units	Concentration
Benzene	mg/m3	1,7E+00
Ethylbenzene	mg/m3	5,2E+00
Naphthalene	mg/m3	3,8E-01
Toluene	mg/m3	2,0E+01
TPH Aliphatic C5-6	mg/m3	3,0E+01
TPH Aliphatic C6-8	mg/m3	5,0E+01
TPH Aliphatic C8-10	mg/m3	8,0E+01
TPH Aliphatic C10-12	mg/m3	5,0E+01
TPH Aliphatic C12-16	mg/m3	3,0E+01
TPH Aromatic C7-8	mg/m3	2,0E+01
TPH Aromatic C8-10	mg/m3	2,0E+01
TPH Aromatic C10-12	mg/m3	2,0E+01
TPH Aromatic C12-16	mg/m3	2,0E+01
Xylenes (total)	mg/m3	4,0E+01

Chemical Properties	Units	Benzene	Ethylbenzene	Naphthalene	Toluene	TPH Aliphatic C5-6	TPH Aliphatic C6-8	TPH Aliphatic C8-10	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aromatic C7-8	TPH Aromatic C8-10	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C12-16	Xylenes (total)
Diffusion coefficient in air	cm2/s	8,8E-02	7,5E-02	5,9E-02	8,7E-02	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	8,5E-02
Diffusion coefficient in water	cm2/s	9,8E-06	7,8E-06	7,5E-06	8,6E-06	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	9,9E-06
Solubility	mg/l	1,8E+03	1,7E+02	3,1E+01	5,3E+02	3,6E+01	5,4E+00	4,3E-01	3,4E-02	7,6E-04	5,2E+02	6,5E+01	2,5E+01	5,8E+00	1,1E+02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
KOC (organiChem carbon partition coefficient	L/kg	5,9E+01	3,6E+02	2,0E+03	1,8E+02	7,9E+02	4,0E+03	3,2E+04	2,5E+05	5,0E+06	2,5E+02	1,6E+03	2,5E+03	5,0E+03	3,8E+02
Henry's Law coefficient	m3-H2O)/(m3-air	2,3E-01	3,2E-01	2,0E-02	2,7E-01	3,4E+01	5,1E+01	8,2E+01	1,3E+02	5,4E+02	2,7E-01	4,9E-01	1,4E-01	5,4E-02	2,1E-01
Molecular weight	g/mol	7,8E+01	1,1E+02	1,3E+02	9,2E+01	8,1E+01	1,0E+02	1,3E+02	1,6E+02	2,0E+02	9,2E+01	1,2E+02	1,3E+02	1,5E+02	1,1E+02

ESCENARIO RESIDENCIAL - GAS DE SUELO

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:	**Lateral intrusion into buildings from STREETS, SSCLs for soil gas**
Date:	**12-05-2016 16:44:13**

Receptors:
Child Resident - Upper Percentile
Adult Resident - Upper Percentile
Risk results ARE NOT added for carcinogens

Routes:
Inhalation of Indoor Air

Chemicals:
Benzene
Ethylbenzene
Naphthalene
Toluene
TPH Aliphatic C5-6
TPH Aliphatic C6-8
TPH Aliphatic C8-10
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C12-16
TPH Aromatic C7-8
TPH Aromatic C8-10
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C12-16
Xylenes (total)

Exposure Parameters

Exposure Pathway	**Units**	**Child Resident - Upper Percentile**	**Adult Resident - Upper Percentile**
Body weight	kg	15	70
Averaging time for carcinogens	yr	70	70
Exposure duration	yr	6	24

Inhalation of Indoor Air	**Units**	**Child Resident - Upper Percentile**	**Adult Resident - Upper Percentile**
Exposure frequency for indoor air	events/yr	350	350
Time indoors	hr/d	24	24
Inhalation rate indoors	m3/hr	0,625	0,625

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	**Units**	**Benzene**	**Ethylbenzene**	**Naphthalene**	**Toluene**	**TPH Aliphatic C5-6**	**TPH Aliphatic C6-8**	**TPH Aliphatic C8-10**	**TPH Aliphatic C10-12**	**TPH Aliphatic C12-16**	**TPH Aromatic C7-8**	**TPH Aromatic C8-10**	**TPH Aromatic C10-12**	**TPH Aromatic C12-16**	**Xylenes (total)**
Inhalation Slope Factor	1/(mg/kg-day)	2,73E-02	8,75E-03	0,119	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inhalation Reference Dose	mg/kg-day	8,57E-03	0,286	8,57E-04	1,43	5,26	5,26	0,29	0,29	0,29	0,11	5,70E-02	5,70E-02	5,70E-02	2,86E-02

Exposure Point Concentrations for Modeled Media

Obtained from Fate and Transport Output

For carcinogenic risk, concentrations are averaged over the exposure duration (ED).
For non-carcinogenic risk, concentrations are averaged over the minimum of 7 years or the ED.

Modeled Concentrations for Indoor Air
Exposure Point Concentration for Carcinogens

Receptor Description	**Exposure Duration yr**	**Benzene mg/m3**	**Ethylbenzene mg/m3**	**Naphthalene mg/m3**	**Toluene mg/m3**	**TPH Aliphatic C5-6 mg/m3**	**TPH Aliphatic C6-8 mg/m3**	**TPH Aliphatic C8-10 mg/m3**	**TPH Aliphatic C10-12 mg/m3**	**TPH Aliphatic C12-16 mg/m3**	**TPH Aromatic C7-8 mg/m3**	**TPH Aromatic C8-10 mg/m3**	**TPH Aromatic C10-12 mg/m3**	**TPH Aromatic C12-16 mg/m3**	**Xylenes (total) mg/m3**
Carcinogens															
Child Resident - Upper Percentile	6,00E+00	4,47E-04	1,41E-03	1,03E-04	5,42E-03	8,13E-03	1,35E-02	2,17E-02	1,35E-02	8,13E-03	5,42E-03	5,42E-03	5,42E-03	5,42E-03	1,08E-02
Adult Resident - Upper Percentile	2,40E+01	4,52E-04	1,43E-03	1,04E-04	5,48E-03	8,23E-03	1,37E-02	2,19E-02	1,37E-02	8,23E-03	5,48E-03	5,48E-03	5,48E-03	5,48E-03	1,10E-02

Modeled Concentrations for Indoor Air
Exposure Point Concentration for Non-Carcinogens

Receptor Description	**Exposure Duration yr**	**Benzene mg/m3**	**Ethylbenzene mg/m3**	**Naphthalene mg/m3**	**Toluene mg/m3**	**TPH Aliphatic C5-6 mg/m3**	**TPH Aliphatic C6-8 mg/m3**	**TPH Aliphatic C8-10 mg/m3**	**TPH Aliphatic C10-12 mg/m3**	**TPH Aliphatic C12-16 mg/m3**	**TPH Aromatic C7-8 mg/m3**	**TPH Aromatic C8-10 mg/m3**	**TPH Aromatic C10-12 mg/m3**	**TPH Aromatic C12-16 mg/m3**	**Xylenes (total) mg/m3**
Non-Carcinogens															
Child Resident - Upper Percentile	6,00E+00	4,47E-04	1,41E-03	1,03E-04	5,42E-03	8,13E-03	1,35E-02	2,17E-02	1,35E-02	8,13E-03	5,42E-03	5,42E-03	5,42E-03	5,42E-03	1,08E-02
Adult Resident - Upper Percentile	7,00E+00	4,48E-04	1,41E-03	1,03E-04	5,43E-03	8,15E-03	1,36E-02	2,17E-02	1,36E-02	8,15E-03	5,43E-03	5,43E-03	5,43E-03	5,43E-03	1,09E-02

ESCENARIO RESIDENCIAL - GAS DE SUELO

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:
Child Resident - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Benzene	1,0E-06	**1,0E-06**
Ethylbenzene	1,0E-06	**1,0E-06**
Naphthalene	1,0E-06	**1,0E-06**
Toluene	ND	**ND**
TPH Aliphatic C5-6	ND	**ND**
TPH Aliphatic C6-8	ND	**ND**
TPH Aliphatic C8-10	ND	**ND**
TPH Aliphatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aliphatic C12-16	ND	**ND**
TPH Aromatic C7-8	ND	**ND**
TPH Aromatic C8-10	ND	**ND**
TPH Aromatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aromatic C12-16	ND	**ND**
Xylenes (total)	ND	**ND**
TOTAL	**3,0E-06**	**3,0E-06**

Receptor 2:
Adult Resident - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Benzene	8,7E-07	**8,7E-07**
Ethylbenzene	8,8E-07	**8,8E-07**
Naphthalene	8,7E-07	**8,7E-07**
Toluene	ND	**ND**
TPH Aliphatic C5-6	ND	**ND**
TPH Aliphatic C6-8	ND	**ND**
TPH Aliphatic C8-10	ND	**ND**
TPH Aliphatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aliphatic C12-16	ND	**ND**
TPH Aromatic C7-8	ND	**ND**
TPH Aromatic C8-10	ND	**ND**
TPH Aromatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aromatic C12-16	ND	**ND**
Xylenes (total)	ND	**ND**
TOTAL	**2,6E-06**	**2,6E-06**

ESCENARIO RESIDENCIAL - GAS DE SUELO

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:
Child Resident - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Benzene	5,0E-02	**5,0E-02**
Ethylbenzene	4,7E-03	**4,7E-03**
Naphthalene	1,2E-01	**1,2E-01**
Toluene	3,6E-03	**3,6E-03**
TPH Aliphatic C5-6	1,5E-03	**1,5E-03**
TPH Aliphatic C6-8	2,5E-03	**2,5E-03**
TPH Aliphatic C8-10	7,2E-02	**7,2E-02**
TPH Aliphatic C10-12	4,5E-02	**4,5E-02**
TPH Aliphatic C12-16	2,7E-02	**2,7E-02**
TPH Aromatic C7-8	4,7E-02	**4,7E-02**
TPH Aromatic C8-10	9,1E-02	**9,1E-02**
TPH Aromatic C10-12	9,1E-02	**9,1E-02**
TPH Aromatic C12-16	9,1E-02	**9,1E-02**
Xylenes (total)	3,6E-01	**3,6E-01**
TOTAL	**1,0E+00**	**1,0E+00**

Receptor 2:
Adult Resident - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Benzene	1,1E-02	**1,1E-02**
Ethylbenzene	1,0E-03	**1,0E-03**
Naphthalene	2,5E-02	**2,5E-02**
Toluene	7,8E-04	**7,8E-04**
TPH Aliphatic C5-6	3,2E-04	**3,2E-04**
TPH Aliphatic C6-8	5,3E-04	**5,3E-04**
TPH Aliphatic C8-10	1,5E-02	**1,5E-02**
TPH Aliphatic C10-12	9,6E-03	**9,6E-03**
TPH Aliphatic C12-16	5,8E-03	**5,8E-03**
TPH Aromatic C7-8	1,0E-02	**1,0E-02**
TPH Aromatic C8-10	2,0E-02	**2,0E-02**
TPH Aromatic C10-12	2,0E-02	**2,0E-02**
TPH Aromatic C12-16	2,0E-02	**2,0E-02**
Xylenes (total)	7,8E-02	**7,8E-02**
TOTAL	**2,2E-01**	**2,2E-01**

ESCENARIO USO COMERCIAL Y DE EQUIPAMIENTO ACTUAL ALREDEDORES DEL SITIO

Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

Model Description:
Source media: Soil Gas
Johnson and Ettinger Indoor air model
Volatilization from soil gas source to indoor air (onsite)

*** Lens not used

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm3/cm3	3,8E-01
Water content	cm3/cm3	5,4E-02
Air content	cm3/cm3	3,3E-01
Distance from source to building	m	1,0E-01
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Building Parameters		
Diffusion and convection considered		
Foundation thickness	cm	1,5E+01
Fraction of cracks	cm3/cm3	2,0E-03
Porosity in cracks	-	2,5E-01
Water content in cracks	-	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	3,0E+00
Enclosed space floor width	m	3,0E+00
Enclosed space height	m	3,0E+00
Volume of building	m3	2,7E+01
Number of air changes per hour	1/hr	8,3E-01
Qsoil (soil gas flux into building)	l/min	5,0E+00
Qsoil in m3/hr	m3/hr	3,0E-01

Soil Gas Source Concentration for Vapor Model Chemical	Units	Concentration
Benzene	mg/m3	1,0E-02
Ethylbenzene	mg/m3	1,9E-02
Naphthalene	mg/m3	5,3E-03
Toluene	mg/m3	3,6E-02
TPH Aliphatic C5-6	mg/m3	6,0E-01
TPH Aliphatic C6-8	mg/m3	7,7E+00
TPH Aliphatic C8-10	mg/m3	2,6E-01
TPH Aliphatic C10-12	mg/m3	6,0E-01
TPH Aliphatic C12-16	mg/m3	1,7E-01
TPH Aromatic C7-8	mg/m3	2,1E-01
TPH Aromatic C8-10	mg/m3	2,2E-01
TPH Aromatic C10-12	mg/m3	2,1E-01
TPH Aromatic C12-16	mg/m3	2,1E-01
Xylenes (total)	mg/m3	1,4E-01

Chemical Properties	Units	Benzene	Ethylbenzene	Naphthalene	Toluene	TPH Aliphatic C5-6	TPH Aliphatic C6-8	TPH Aliphatic C8-10	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aromatic C7-8	TPH Aromatic C8-10	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C12-16	Xylenes (total)
Diffusion coefficient in air	cm2/s	8,8E-02	7,5E-02	5,9E-02	8,7E-02	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	8,5E-02
Diffusion coefficient in water	cm2/s	9,8E-06	7,8E-06	7,5E-06	8,6E-06	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	9,9E-06
Solubility	mg/l	1,8E+03	1,7E+02	3,1E+01	5,3E+02	3,6E+01	5,4E+00	4,3E-01	3,4E-02	7,6E-04	5,2E+02	6,5E+01	2,5E+01	5,8E+00	1,1E+02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
KOC (organiChem carbon partition coefficient	L/kg	5,9E+01	3,6E+02	2,0E+03	1,8E+02	7,9E+02	4,0E+03	3,2E+04	2,5E+05	5,0E+06	2,5E+02	1,6E+03	2,5E+03	5,0E+03	3,8E+02
Henry's Law coefficient	m3-H2O)/(m3-air	2,3E-01	3,2E-01	2,0E-02	2,7E-01	3,4E+01	5,1E+01	8,2E+01	1,3E+02	5,4E+02	2,7E-01	4,9E-01	1,4E-01	5,4E-02	2,1E-01
Molecular weight	g/mol	7,8E+01	1,1E+02	1,3E+02	9,2E+01	8,1E+01	1,0E+02	1,3E+02	1,6E+02	2,0E+02	9,2E+01	1,2E+02	1,3E+02	1,5E+02	1,1E+02

ESCENARIO USO COMERCIAL Y DE EQUIPAMIENTO ACTUAL ALREDEDORES DEL SITIO

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:	**risk for current workers Faja de Playa and Petrobras**
Date:	**07-31-2016 01:51:47**

Receptors:
Worker - Upper Percentile

Routes:
Inhalation of Indoor Air

Chemicals:
Benzene
Ethylbenzene
Naphthalene
Toluene
TPH Aliphatic C5-6
TPH Aliphatic C6-8
TPH Aliphatic C8-10
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C12-16
TPH Aromatic C7-8
TPH Aromatic C8-10
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C12-16
Xylenes (total)

Exposure Parameters

Exposure Pathway	**Units**	**Worker - Upper Percentile**
Body weight	kg	70
Averaging time for carcinogens	yr	70
Exposure duration	yr	25

Inhalation of Indoor Air	**Units**	**Worker - Upper Percentile**
Exposure frequency for indoor air	events/yr	250
Time indoors	hr/d	9
Inhalation rate indoors	m3/hr	0,83

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	**Units**	**Benzene**	**Ethylbenzene**	**Naphthalene**	**Toluene**	**TPH Aliphatic C5-6**	**TPH Aliphatic C6-8**	**TPH Aliphatic C8-10**	**TPH Aliphatic C10-12**	**TPH Aliphatic C12-16**	**TPH Aromatic C7-8**	**TPH Aromatic C8-10**	**TPH Aromatic C10-12**	**TPH Aromatic C12-16**	**Xylenes (total)**
Inhalation Slope Factor	1/(mg/kg-day)	2,73E-02	8,75E-03	0,119	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inhalation Reference Dose	mg/kg-day	8,57E-03	0,286	8,57E-04	1,43	5,26	5,26	0,29	0,29	0,29	0,11	5,70E-02	5,70E-02	5,70E-02	2,86E-02

Exposure Point Concentrations for Modeled Media
Obtained from Fate and Transport Output

For carcinogenic risk, concentrations are averaged over the exposure duration (ED).
For non-carcinogenic risk, concentrations are averaged over the minimum of 7 years or the ED.

Modeled Concentrations for Indoor Air
Exposure Point Concentration for Carcinogens

Receptor Description	**Exposure Duration**	**Benzene**	**Ethylbenzene**	**Naphthalene**	**Toluene**	**TPH Aliphatic C5-6**	**TPH Aliphatic C6-8**	**TPH Aliphatic C8-10**	**TPH Aliphatic C10-12**	**TPH Aliphatic C12-16**	**TPH Aromatic C7-8**	**TPH Aromatic C8-10**	**TPH Aromatic C10-12**	**TPH Aromatic C12-16**	**Xylenes (total)**
	yr	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**
Carcinogens															
Worker - Upper Percentile	2,50E+01	8,11E-05	1,44E-04	3,61E-05	2,91E-04	5,11E-03	6,55E-02	2,21E-03	5,11E-03	1,45E-03	1,79E-03	1,87E-03	1,79E-03	1,79E-03	1,12E-03

Modeled Concentrations for Indoor Air
Exposure Point Concentration for Non-Carcinogens

Receptor Description	**Exposure Duration**	**Benzene**	**Ethylbenzene**	**Naphthalene**	**Toluene**	**TPH Aliphatic C5-6**	**TPH Aliphatic C6-8**	**TPH Aliphatic C8-10**	**TPH Aliphatic C10-12**	**TPH Aliphatic C12-16**	**TPH Aromatic C7-8**	**TPH Aromatic C8-10**	**TPH Aromatic C10-12**	**TPH Aromatic C12-16**	**Xylenes (total)**
	yr	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**	**mg/m3**
Non-Carcinogens															
Worker - Upper Percentile	7,00E+00	8,03E-05	1,43E-04	3,57E-05	2,88E-04	5,06E-03	6,49E-02	2,19E-03	5,06E-03	1,43E-03	1,77E-03	1,85E-03	1,77E-03	1,77E-03	1,11E-03

ESCENARIO USO COMERCIAL Y DE EQUIPAMIENTO ACTUAL ALREDEDORES DEL SITIO

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:

Worker - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Benzene	5,8E-08	**5,8E-08**
Ethylbenzene	3,3E-08	**3,3E-08**
Naphthalene	1,1E-07	**1,1E-07**
Toluene	ND	**ND**
TPH Aliphatic C5-6	ND	**ND**
TPH Aliphatic C6-8	ND	**ND**
TPH Aliphatic C8-10	ND	**ND**
TPH Aliphatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aliphatic C12-16	ND	**ND**
TPH Aromatic C7-8	ND	**ND**
TPH Aromatic C8-10	ND	**ND**
TPH Aromatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aromatic C12-16	ND	**ND**
Xylenes (total)	ND	**ND**
TOTAL	**2,0E-07**	**2,0E-07**

ESCENARIO USO COMERCIAL Y DE EQUIPAMIENTO ACTUAL ALREDEDORES DEL SITIO

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:
Worker - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Benzene	6,9E-04	**6,9E-04**
Ethylbenzene	3,7E-05	**3,7E-05**
Naphthalene	3,1E-03	**3,1E-03**
Toluene	1,5E-05	**1,5E-05**
TPH Aliphatic C5-6	7,0E-05	**7,0E-05**
TPH Aliphatic C6-8	9,0E-04	**9,0E-04**
TPH Aliphatic C8-10	5,5E-04	**5,5E-04**
TPH Aliphatic C10-12	1,3E-03	**1,3E-03**
TPH Aliphatic C12-16	3,6E-04	**3,6E-04**
TPH Aromatic C7-8	1,2E-03	**1,2E-03**
TPH Aromatic C8-10	2,4E-03	**2,4E-03**
TPH Aromatic C10-12	2,3E-03	**2,3E-03**
TPH Aromatic C12-16	2,3E-03	**2,3E-03**
Xylenes (total)	2,8E-03	**2,8E-03**
TOTAL	**1,8E-02**	**1,8E-02**

Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

Model Description:

Source media: Soil Gas
Johnson and Ettinger Indoor air model
Volatilization from soil gas source to indoor air (onsite)

*** Lens not used

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm3/cm3	3,8E-01
Water content	cm3/cm3	5,4E-02
Air content	cm3/cm3	3,3E-01
Distance from source to building	m	1,0E-01
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Building Parameters		
Diffusion and convection considered		
Foundation thickness	cm	1,5E+01
Fraction of cracks	cm3/cm3	2,0E-03
Porosity in cracks	-	2,5E-01
Water content in cracks	-	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	5,0E+00
Enclosed space floor width	m	5,0E+00
Enclosed space height	m	3,0E+00
Volume of building	m3	7,5E+01
Number of air changes per hour	1/hr	8,3E-01
Qsoil (soil gas flux into building)	l/min	5,0E+00
Qsoil in m3/hr	m3/hr	3,0E-01

Soil Gas Source Concentration for Vapor Model		
Chemical	**Units**	**Concentration**
Benzene	mg/m3	6,9E-03
Ethylbenzene	mg/m3	1,6E-02
Naphthalene	mg/m3	4,3E-03
Toluene	mg/m3	3,5E-02
TPH Aliphatic C5-6	mg/m3	4,0E-01
TPH Aliphatic C6-8	mg/m3	1,7E-01
TPH Aliphatic C8-10	mg/m3	2,4E-01
TPH Aliphatic C10-12	mg/m3	4,4E-01
TPH Aliphatic C12-16	mg/m3	1,7E-01
TPH Aromatic C7-8	mg/m3	1,7E-01
TPH Aromatic C8-10	mg/m3	1,9E-01
TPH Aromatic C10-12	mg/m3	1,7E-01
TPH Aromatic C12-16	mg/m3	1,7E-01
Xylenes (total)	mg/m3	1,2E-01

Chemical Properties	Units	Benzene	Ethylbenzene	Naphthalene	Toluene	TPH Aliphatic C5-6	TPH Aliphatic C6-8	TPH Aliphatic C8-10	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aromatic C7-8	TPH Aromatic C8-10	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C12-16	Xylenes (total)
Diffusion coefficient in air	cm2/s	8,8E-02	7,5E-02	5,9E-02	8,7E-02	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	8,5E-02
Diffusion coefficient in water	cm2/s	9,8E-06	7,8E-06	7,5E-06	8,6E-06	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	9,9E-06
Solubility	mg/l	1,8E+03	1,7E+02	3,1E+01	5,3E+02	3,6E+01	5,4E+00	4,3E-01	3,4E-02	7,6E-04	5,2E+02	6,5E+01	2,5E+01	5,8E+00	1,1E+02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
KOC (organiChem carbon partition coefficient	L/kg	5,9E+01	3,6E+02	2,0E+03	1,8E+02	7,9E+02	4,0E+03	3,2E+04	2,5E+05	5,0E+06	2,5E+02	1,6E+03	2,5E+03	5,0E+03	3,8E+02
Henry's Law coefficient	m3-H2O)/(m3-air	2,3E-01	3,2E-01	2,0E-02	2,7E-01	3,4E+01	5,1E+01	8,2E+01	1,3E+02	5,4E+02	2,7E-01	4,9E-01	1,4E-01	5,4E-02	2,1E-01
Molecular weight	g/mol	7,8E+01	1,1E+02	1,3E+02	9,2E+01	8,1E+01	1,0E+02	1,3E+02	1,6E+02	2,0E+02	9,2E+01	1,2E+02	1,3E+02	1,5E+02	1,1E+02

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:	**COPEC forward risk assessment with soil gas**
Date:	**12-05-2016 17:17:12**

Receptors:
Worker - Upper Percentile

Routes:
Inhalation of Indoor Air

Chemicals:
Benzene
Ethylbenzene
Naphthalene
Toluene
TPH Aliphatic C5-6
TPH Aliphatic C6-8
TPH Aliphatic C8-10
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C12-16
TPH Aromatic C7-8
TPH Aromatic C8-10
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C12-16
Xylenes (total)

Exposure Parameters

Exposure Pathway	**Units**	**Worker - Upper Percentile**
Body weight	kg	70
Averaging time for carcinogens	yr	70
Exposure duration	yr	25

Inhalation of Indoor Air	**Units**	**Worker - Upper Percentile**
Exposure frequency for indoor air	events/yr	250
Time indoors	hr/d	9
Inhalation rate indoors	m3/hr	0,83

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	**Units**	**Benzene**	**Ethylbenzene**	**Naphthalene**	**Toluene**	**TPH Aliphatic C5-6**	**TPH Aliphatic C6-8**	**TPH Aliphatic C8-10**	**TPH Aliphatic C10-12**	**TPH Aliphatic C12-16**	**TPH Aromatic C7-8**	**TPH Aromatic C8-10**	**TPH Aromatic C10-12**	**TPH Aromatic C12-16**	**Xylenes (total)**
Inhalation Slope Factor	1/(mg/kg-day)	2,73E-02	8,75E-03	0,119	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inhalation Reference Dose	mg/kg-day	8,57E-03	0,286	8,57E-04	1,43	5,26	5,26	0,29	0,29	0,29	0,11	5,70E-02	5,70E-02	5,70E-02	2,86E-02

Exposure Point Concentrations for Modeled Media
Obtained from Fate and Transport Output

For carcinogenic risk, concentrations are averaged over the exposure duration (ED).
For non-carcinogenic risk, concentrations are averaged over the minimum of 7 years or the ED.

Modeled Concentrations for Indoor Air
Exposure Point Concentration for Carcinogens

Receptor Description	**Exposure Duration yr**	**Benzene mg/m3**	**Ethylbenzene mg/m3**	**Naphthalene mg/m3**	**Toluene mg/m3**	**TPH Aliphatic C5-6 mg/m3**	**TPH Aliphatic C6-8 mg/m3**	**TPH Aliphatic C8-10 mg/m3**	**TPH Aliphatic C10-12 mg/m3**	**TPH Aliphatic C12-16 mg/m3**	**TPH Aromatic C7-8 mg/m3**	**TPH Aromatic C8-10 mg/m3**	**TPH Aromatic C10-12 mg/m3**	**TPH Aromatic C12-16 mg/m3**	**Xylenes (total) mg/m3**
Carcinogens															
Worker - Upper Percentile	2,50E+01	2,68E-05	6,03E-05	1,53E-05	1,36E-04	1,59E-03	6,77E-04	9,55E-04	1,75E-03	6,77E-04	6,77E-04	7,56E-04	6,77E-04	6,77E-04	4,64E-04

Modeled Concentrations for Indoor Air
Exposure Point Concentration for Non-Carcinogens

Receptor Description	**Exposure Duration yr**	**Benzene mg/m3**	**Ethylbenzene mg/m3**	**Naphthalene mg/m3**	**Toluene mg/m3**	**TPH Aliphatic C5-6 mg/m3**	**TPH Aliphatic C6-8 mg/m3**	**TPH Aliphatic C8-10 mg/m3**	**TPH Aliphatic C10-12 mg/m3**	**TPH Aliphatic C12-16 mg/m3**	**TPH Aromatic C7-8 mg/m3**	**TPH Aromatic C8-10 mg/m3**	**TPH Aromatic C10-12 mg/m3**	**TPH Aromatic C12-16 mg/m3**	**Xylenes (total) mg/m3**
Non-Carcinogens															
Worker - Upper Percentile	7,00E+00	2,66E-05	5,97E-05	1,52E-05	1,34E-04	1,58E-03	6,70E-04	9,45E-04	1,73E-03	6,70E-04	6,70E-04	7,48E-04	6,70E-04	6,70E-04	4,59E-04

ESCENARIO USO COMERCIAL Y DE EQUIPAMIENTO ACUTAL ALREDEDORES DEL SITIO - Estación de servicio COPEC

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:
Worker - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Benzene	1,9E-08	**1,9E-08**
Ethylbenzene	1,4E-08	**1,4E-08**
Naphthalene	4,8E-08	**4,8E-08**
Toluene	ND	**ND**
TPH Aliphatic C5-6	ND	**ND**
TPH Aliphatic C6-8	ND	**ND**
TPH Aliphatic C8-10	ND	**ND**
TPH Aliphatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aliphatic C12-16	ND	**ND**
TPH Aromatic C7-8	ND	**ND**
TPH Aromatic C8-10	ND	**ND**
TPH Aromatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aromatic C12-16	ND	**ND**
Xylenes (total)	ND	**ND**
TOTAL	**8,1E-08**	**8,1E-08**

ESCENARIO USO COMERCIAL Y DE EQUIPAMIENTO ACUTAL ALREDEDORES DEL SITIO - Estación de servicio COPEC

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:
Worker - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Benzene	2,3E-04	**2,3E-04**
Ethylbenzene	1,5E-05	**1,5E-05**
Naphthalene	1,3E-03	**1,3E-03**
Toluene	6,9E-06	**6,9E-06**
TPH Aliphatic C5-6	2,2E-05	**2,2E-05**
TPH Aliphatic C6-8	9,3E-06	**9,3E-06**
TPH Aliphatic C8-10	2,4E-04	**2,4E-04**
TPH Aliphatic C10-12	4,4E-04	**4,4E-04**
TPH Aliphatic C12-16	1,7E-04	**1,7E-04**
TPH Aromatic C7-8	4,5E-04	**4,5E-04**
TPH Aromatic C8-10	9,6E-04	**9,6E-04**
TPH Aromatic C10-12	8,6E-04	**8,6E-04**
TPH Aromatic C12-16	8,6E-04	**8,6E-04**
Xylenes (total)	1,2E-03	**1,2E-03**
TOTAL	**6,7E-03**	**6,7E-03**

ESCENARIO USO RECREACIONAL ÁREA DE PLAYA - Inhalación espacios abiertos

FATE AND TRANSPORT MODEL INPUT SUMMARY FILE

Model Description:
Johnson and Ettinger model for outdoor air

with volatile emissions from soil gas

Title:
Inhalation outdoors recreation at the beach

Simulation time (years). 100

Unsaturated Zone Properties for Vapor Model

Total porosity (cm3/cm3)	0.38
Water content(cm3/cm3)	5.40E-02
Distance from source to surface (m)	1.00E-02

OUTDOOR AIR PARAMETERS

Height of box (breathing zone) (m)	2.0
Length of box (m).	50.
Wind speed (m/s)	3.4

CHEMICAL DATA FOR: Benzene

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	8.80E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	9.80E-06
Solubility (mg/l)	1.75E+03
Vapor pressure (mmHg)	95.
KOC (L/kg).	59.
Henry's Law coefficient (-).	0.23
Molecular weight (g/mol).	78.

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	1.00E-02

CHEMICAL DATA FOR: Ethylbenzene

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	7.50E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	7.80E-06
Solubility (mg/l)	1.69E+02
Vapor pressure (mmHg)	9.6
KOC (L/kg).	3.60E+02
Henry's Law coefficient (-).	0.32
Molecular weight (g/mol).	1.06E+02

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	1.90E-02

CHEMICAL DATA FOR: Naphthalene

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	5.90E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	7.50E-06
Solubility (mg/l)	31.
Vapor pressure (mmHg)	8.50E-02
KOC (L/kg).	2.00E+03
Henry's Law coefficient (-).	1.98E-02
Molecular weight (g/mol).	1.28E+02

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	5.30E-03

CHEMICAL DATA FOR: Styrene

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	7.10E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	8.00E-06
Solubility (mg/l)	3.10E+02
Vapor pressure (mmHg)	6.4
KOC (L/kg).	7.80E+02
Henry's Law coefficient (-).	0.11
Molecular weight (g/mol).	1.04E+02

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	0.0

CHEMICAL DATA FOR: Toluene

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	8.70E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	8.60E-06
Solubility (mg/l)	5.26E+02
Vapor pressure (mmHg)	28.
KOC (L/kg).	1.80E+02
Henry's Law coefficient (-).	0.27
Molecular weight (g/mol).	92.

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	3.60E-02

CHEMICAL DATA FOR: TPH Aliphatic C5-6

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	1.00E-05
Solubility (mg/l)	36.
Vapor pressure (mmHg)	2.70E+02
KOC (L/kg).	7.90E+02
Henry's Law coefficient (-).	34.
Molecular weight (g/mol).	81.

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	0.61

CHEMICAL DATA FOR: TPH Aliphatic C6-8

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                        5.4
Vapor pressure (mmHg)                                    48.
KOC (L/kg).                                             4.00E+03
Henry's Law coefficient (-).                             51.
Molecular weight (g/mol).                               1.00E+02

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)               7.7


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aliphatic C8-10
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                       0.43
Vapor pressure (mmHg)                                    4.8
KOC (L/kg).                                             3.20E+04
Henry's Law coefficient (-).                             82.
Molecular weight (g/mol).                               1.30E+02

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)              0.26


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aliphatic C10-12
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                       3.40E-02
Vapor pressure (mmHg)                                   0.49
KOC (L/kg).                                             2.50E+05
Henry's Law coefficient (-).                            1.30E+02
Molecular weight (g/mol).                               1.60E+02

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)              0.60


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aliphatic C12-16
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                       7.60E-04
Vapor pressure (mmHg)                                   3.60E-02
KOC (L/kg).                                             5.00E+06
Henry's Law coefficient (-).                            5.40E+02
Molecular weight (g/mol).                               2.00E+02

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)              0.17


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aromatic C7-8
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                       5.20E+02
Vapor pressure (mmHg)                                    29.
KOC (L/kg).                                             2.50E+02
Henry's Law coefficient (-).                            0.27
Molecular weight (g/mol).                                92.

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)              0.21


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aromatic C8-10
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                        65.
Vapor pressure (mmHg)                                    4.8
KOC (L/kg).                                             1.60E+03
Henry's Law coefficient (-).                            0.49
Molecular weight (g/mol).                               1.20E+02

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)              0.22


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aromatic C10-12
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                        25.
Vapor pressure (mmHg)                                   0.48
KOC (L/kg).                                             2.50E+03
Henry's Law coefficient (-).                            0.14
Molecular weight (g/mol).                               1.30E+02

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)              0.21


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aromatic C12-16
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                        5.8
Vapor pressure (mmHg)                                   3.60E-02
KOC (L/kg).                                             5.00E+03
Henry's Law coefficient (-).                            5.40E-02
Molecular weight (g/mol).                               1.50E+02

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)              0.21


 CHEMICAL DATA FOR:    Xylenes
```

ESCENARIO USO RECREACIONAL ÁREA DE PLAYA - Inhalación espacios abiertos

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	7.20E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	8.50E-06
Solubility (mg/l)	1.98E+02
Vapor pressure (mmHg)	8.8
KOC (L/kg).	2.40E+02
Henry's Law coefficient (-).	0.29
Molecular weight (g/mol).	1.06E+02

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	0.14

ESCENARIO USO RECREACIONAL ÁREA DE PLAYA - Inhalación espacios abiertos

Title:
Inhalation outdoors recreation at the beach
07/31/16 03:38

Scenarios:
Child Resident - RME
Adult Resident - RME

Routes:
INHALATION OF OUTDOOR AIR

Chemicals:
- Benzene
- Ethylbenzene
- Naphthalene
- Styrene
- Toluene
- TPH Aliphatic C5-6
- TPH Aliphatic C6-8
- TPH Aliphatic C8-10
- TPH Aliphatic C10-12
- TPH Aliphatic C12-16
- TPH Aromatic C7-8
- TPH Aromatic C8-10
- TPH Aromatic C10-12
- TPH Aromatic C12-16
- Xylenes

SUMMARY OF INPUT PARAMETERS	SCENARIO: 1	2
LIFETIME AND BODY WEIGHT		
Body Weight (kg)	15.0	70.0
Lifetime (years)	70.0	70.0
INHALATION OF OUTDOOR AIR		
Inhalation rate (m^3/hr)	0.625	0.830
Time outdoors (hours/day)	6.00	6.00
Lung Retention Factor (-)	1.00	1.00
Exp. Freq. Outdoor Air (events/yr)	350.	350.
Exp. Duration Outdoor Air (yr)	6.00	30.0
Absorption Adjustment Factor for Inhalation (-)		
Benzene	1.0	1.0
Ethylbenzene	1.0	1.0
Naphthalene	1.0	1.0
Styrene	1.0	1.0
Toluene	1.0	1.0
TPH Aliphatic C5-6	1.0	1.0
TPH Aliphatic C6-8	1.0	1.0
TPH Aliphatic C8-10	1.0	1.0
TPH Aliphatic C10-12	1.0	1.0
TPH Aliphatic C12-16	1.0	1.0
TPH Aromatic C7-8	1.0	1.0
TPH Aromatic C8-10	1.0	1.0
TPH Aromatic C10-12	1.0	1.0
TPH Aromatic C12-16	1.0	1.0
Xylenes	1.0	1.0

MEDIA CONCENTRATIONS

Concentration in Outdoor Air (mg/m^3)		
Obtained from Fate and Transport output		
AVERAGE Concentration (over exposure duration)		
(used to calculate carcinogenic risk)		
Exposure Duration (years)	6.0	30.
Benzene	1.08E-05	1.08E-05

```
            Ethylbenzene                          1.76E-05   1.76E-05
            Naphthalene                           3.85E-06   3.85E-06
            Styrene                                0.0        0.0
            Toluene                               3.86E-05   3.86E-05
            TPH Aliphatic C5-6                    7.52E-04   7.52E-04
            TPH Aliphatic C6-8                    9.49E-03   9.49E-03
            TPH Aliphatic C8-10                   3.20E-04   3.20E-04
            TPH Aliphatic C10-12                  7.39E-04   7.39E-04
            TPH Aliphatic C12-16                  2.09E-04   2.09E-04
            TPH Aromatic C7-8                     2.59E-04   2.59E-04
            TPH Aromatic C8-10                    2.71E-04   2.71E-04
            TPH Aromatic C10-12                   2.59E-04   2.59E-04
            TPH Aromatic C12-16                   2.59E-04   2.59E-04
            Xylenes                               1.24E-04   1.24E-04
    Concentration used to calculate hazard index
    (Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years)
              Exposure Duration (years)            6.0        7.0
            Benzene                               1.08E-05   1.08E-05
            Ethylbenzene                          1.76E-05   1.76E-05
            Naphthalene                           3.85E-06   3.85E-06
            Styrene                                0.0        0.0
            Toluene                               3.86E-05   3.86E-05
            TPH Aliphatic C5-6                    7.52E-04   7.52E-04
            TPH Aliphatic C6-8                    9.49E-03   9.49E-03
            TPH Aliphatic C8-10                   3.20E-04   3.20E-04
            TPH Aliphatic C10-12                  7.39E-04   7.39E-04
            TPH Aliphatic C12-16                  2.09E-04   2.09E-04
            TPH Aromatic C7-8                     2.59E-04   2.59E-04
            TPH Aromatic C8-10                    2.71E-04   2.71E-04
            TPH Aromatic C10-12                   2.59E-04   2.59E-04
            TPH Aromatic C12-16                   2.59E-04   2.59E-04
            Xylenes                               1.24E-04   1.24E-04

SLOPE FACTORS AND REFERENCE DOSES
---------------------------------

Inhalation Slope Factor [1/(mg/kg-day)]
            Benzene                               2.70E-02   2.70E-02
            Ethylbenzene                          8.75E-03   8.75E-03
            Naphthalene                           0.12       0.12
            Styrene                                ND         ND
            Toluene                                ND         ND
            TPH Aliphatic C5-6                     ND         ND
            TPH Aliphatic C6-8                     ND         ND
            TPH Aliphatic C8-10                    ND         ND
            TPH Aliphatic C10-12                   ND         ND
            TPH Aliphatic C12-16                   ND         ND
            TPH Aromatic C7-8                      ND         ND
            TPH Aromatic C8-10                     ND         ND
            TPH Aromatic C10-12                    ND         ND
            TPH Aromatic C12-16                    ND         ND
            Xylenes                                ND         ND

Inhalation Reference Dose (mg/kg-day)
            Benzene                               8.60E-03   8.60E-03
            Ethylbenzene                          0.29       0.29
            Naphthalene                           8.60E-04   8.60E-04
            Styrene                               0.29       0.29
            Toluene                                1.4        1.4
            TPH Aliphatic C5-6                     5.3        5.3
            TPH Aliphatic C6-8                     5.3        5.3
            TPH Aliphatic C8-10                   0.29       0.29
            TPH Aliphatic C10-12                  0.29       0.29
            TPH Aliphatic C12-16                  0.29       0.29
            TPH Aromatic C7-8                     0.11       0.11
            TPH Aromatic C8-10                    5.70E-02   5.70E-02
            TPH Aromatic C10-12                   5.70E-02   5.70E-02
            TPH Aromatic C12-16                   5.70E-02   5.70E-02
```

ESCENARIO USO RECREACIONAL ÁREA DE PLAYA - Inhalación espacios abiertos


```
            Xylenes                                2.90E-02   2.90E-02

                                                 SCENARIO:
SUMMARY OF RESULTS                     1             2
-------------------------------------------------------

INHALATION OF OUTDOOR AIR

   Daily Doses and Risk for : Benzene
     CADD (mg/kg-day)                2.60E-06     7.39E-07
     LADD (mg/kg-day)                2.23E-07     3.17E-07
     Cancer Risk (-)                 6.014E-09     8.557E-09
     Hazard Index (-)                3.022E-04     8.599E-05

   Daily Doses and Risk for : Ethylbenzene
     CADD (mg/kg-day)                4.21E-06     1.20E-06
     LADD (mg/kg-day)                3.61E-07     5.13E-07
     Cancer Risk (-)                 3.157E-09     4.492E-09
     Hazard Index (-)                1.452E-05     4.131E-06

   Daily Doses and Risk for : Naphthalene
     CADD (mg/kg-day)                9.24E-07     2.63E-07
     LADD (mg/kg-day)                7.92E-08     1.13E-07
     Cancer Risk (-)                 9.421E-09     1.341E-08
     Hazard Index (-)                1.074E-03     3.056E-04

   Daily Doses and Risk for : Styrene
     CADD (mg/kg-day)                0.00E+00     0.00E+00
     LADD (mg/kg-day)                0.00E+00     0.00E+00
     Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
     Hazard Index (-)                0.000E+00     0.000E+00

   Daily Doses and Risk for : Toluene
     CADD (mg/kg-day)                9.25E-06     2.63E-06
     LADD (mg/kg-day)                7.93E-07     1.13E-06
     Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
     Hazard Index (-)                6.471E-06     1.841E-06

   Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C5-6
     CADD (mg/kg-day)                1.80E-04     5.13E-05
     LADD (mg/kg-day)                1.54E-05     2.20E-05
     Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
     Hazard Index (-)                3.426E-05     9.749E-06

   Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C6-8
     CADD (mg/kg-day)                2.27E-03     6.47E-04
     LADD (mg/kg-day)                1.95E-04     2.77E-04
     Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
     Hazard Index (-)                4.325E-04     1.231E-04

   Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C8-10
     CADD (mg/kg-day)                7.68E-05     2.19E-05
     LADD (mg/kg-day)                6.58E-06     9.37E-06
     Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
     Hazard Index (-)                2.649E-04     7.537E-05

   Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C10-12
     CADD (mg/kg-day)                1.77E-04     5.04E-05
     LADD (mg/kg-day)                1.52E-05     2.16E-05
     Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
     Hazard Index (-)                6.112E-04     1.739E-04

   Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C12-16
```

ESCENARIO USO RECREACIONAL ÁREA DE PLAYA - Inhalación espacios abiertos


```
  CADD (mg/kg-day)              5.02E-05     1.43E-05
  LADD (mg/kg-day)              4.30E-06     6.13E-06
  Cancer Risk (-)               0.000E+00     0.000E+00
  Hazard Index (-)              1.732E-04     4.928E-05

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C7-8
  CADD (mg/kg-day)              6.20E-05     1.77E-05
  LADD (mg/kg-day)              5.32E-06     7.57E-06
  Cancer Risk (-)               0.000E+00     0.000E+00
  Hazard Index (-)              5.640E-04     1.605E-04

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C8-10
  CADD (mg/kg-day)              6.50E-05     1.85E-05
  LADD (mg/kg-day)              5.57E-06     7.93E-06
  Cancer Risk (-)               0.000E+00     0.000E+00
  Hazard Index (-)              1.140E-03     3.245E-04

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C10-12
  CADD (mg/kg-day)              6.20E-05     1.77E-05
  LADD (mg/kg-day)              5.32E-06     7.57E-06
  Cancer Risk (-)               0.000E+00     0.000E+00
  Hazard Index (-)              1.088E-03     3.097E-04

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C12-16
  CADD (mg/kg-day)              6.20E-05     1.77E-05
  LADD (mg/kg-day)              5.32E-06     7.57E-06
  Cancer Risk (-)               0.000E+00     0.000E+00
  Hazard Index (-)              1.088E-03     3.097E-04

Daily Doses and Risk for : Xylenes
  CADD (mg/kg-day)              2.98E-05     8.47E-06
  LADD (mg/kg-day)              2.55E-06     3.63E-06
  Cancer Risk (-)               0.000E+00     0.000E+00
  Hazard Index (-)              1.027E-03     2.922E-04
```

ESCENARIO USO RECREACIONAL ÁREA DE PLAYA - Inhalación espacios abiertos

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK
For Soil Gas Source

CASE 1:
Child Resident - RME

	Inhalation of Outdoor Air	TOTAL
Benzene	6.0E-09	6.0E-09
Ethylbenzene	3.2E-09	3.2E-09
Naphthalene	9.4E-09	9.4E-09
TOTAL	1.9E-08	1.9E-08

CASE 2:
Adult Resident - RME

	Inhalation of Outdoor Air	TOTAL
Benzene	8.6E-09	8.6E-09
Ethylbenzene	4.5E-09	4.5E-09
Naphthalene	1.3E-08	1.3E-08
TOTAL	2.6E-08	2.6E-08

ESCENARIO USO RECREACIONAL ÁREA DE PLAYA - Inhalación espacios abiertos

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS
For Soil Gas Source

CASE 1:
Child Resident - RME

	Inhalation of Outdoor Air	TOTAL
Benzene	3.0E-04	3.0E-04
Ethylbenzene	1.5E-05	1.5E-05
Naphthalene	1.1E-03	1.1E-03
Styrene	0.0E+00	0.0E+00
Toluene	6.5E-06	6.5E-06
TPH Aliphatic C5-6	3.4E-05	3.4E-05
TPH Aliphatic C6-8	4.3E-04	4.3E-04
TPH Aliphatic C8-10	2.6E-04	2.6E-04
TPH Aliphatic C10-12	6.1E-04	6.1E-04
TPH Aliphatic C12-16	1.7E-04	1.7E-04
TPH Aromatic C7-8	5.6E-04	5.6E-04
TPH Aromatic C8-10	1.1E-03	1.1E-03
TPH Aromatic C10-12	1.1E-03	1.1E-03
TPH Aromatic C12-16	1.1E-03	1.1E-03
Xylenes	1.0E-03	1.0E-03
TOTAL	7.8E-03	7.8E-03

CASE 2:
Adult Resident - RME

	Inhalation of Outdoor Air	TOTAL
Benzene	8.6E-05	8.6E-05
Ethylbenzene	4.1E-06	4.1E-06
Naphthalene	3.1E-04	3.1E-04
Styrene	0.0E+00	0.0E+00
Toluene	1.8E-06	1.8E-06
TPH Aliphatic C5-6	9.7E-06	9.7E-06
TPH Aliphatic C6-8	1.2E-04	1.2E-04
TPH Aliphatic C8-10	7.5E-05	7.5E-05
TPH Aliphatic C10-12	1.7E-04	1.7E-04
TPH Aliphatic C12-16	4.9E-05	4.9E-05
TPH Aromatic C7-8	1.6E-04	1.6E-04
TPH Aromatic C8-10	3.2E-04	3.2E-04
TPH Aromatic C10-12	3.1E-04	3.1E-04
TPH Aromatic C12-16	3.1E-04	3.1E-04
Xylenes	2.9E-04	2.9E-04
TOTAL	2.2E-03	2.2E-03

NOTE: A zero hazard index may indicate that a RfD was not entered for that chemical.

ESCENARIO DE USO RECREACIONAL ÁREA DE PLAYA - Contacto dermal suelo

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:	**DERMAL CONTACT with soil at the beach screening of TPH conservative fraction**
Date:	**08-01-2016 23:23:29**

Receptors:
Child Resident - Upper Percentile
Adult Resident - Upper Percentile
Risk results ARE NOT added for carcinogens

Routes:
Dermal Contact with Sediment

Chemicals:
TPH Aliphatic C6-8
TPH Aliphatic C8-10
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C12-16
TPH Aliphatic C16-35
TPH Aromatic C7-8
TPH Aromatic C8-10
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C12-16
TPH Aromatic C16-21
TPH Aromatic C21-35

Exposure Parameters

Exposure Pathway	**Units**	**Child Resident - Upper Percentile**	**Adult Resident - Upper Percentile**
Body weight	kg	15	70
Averaging time for carcinogens	yr	70	70
Exposure duration	yr	6	24

Dermal Contact with Sediment	**Units**	**Child Resident - Upper Percentile**	**Adult Resident - Upper Percentile**
Skin surface area exposed to sediment	cm2	1,82E+03	3,12E+03
Sediment/skin adherence factor	mg/cm2	1	1

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	**Units**	**TPH Aliphatic C6-8**	**TPH Aliphatic C8-10**	**TPH Aliphatic C10-12**	**TPH Aliphatic C12-16**	**TPH Aliphatic C16-35**	**TPH Aromatic C7-8**	**TPH Aromatic C8-10**	**TPH Aromatic C10-12**	**TPH Aromatic C12-16**	**TPH Aromatic C16-21**	**TPH Aromatic C21-35**
Ingestion Slope Factor	1/(mg/kg-day)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ingestion Reference Dose	mg/kg-day	5	0,1	0,1	0,1	2	0,2	4,00E-02	4,00E-02	4,00E-02	3,00E-02	3,00E-02

Exposure Point Concentrations

--- Used to calculate risk and hazard index.

Concentrations in Sediment (mg/kg)	
TPH Aliphatic C6-8	0
TPH Aliphatic C8-10	0
TPH Aliphatic C10-12	220
TPH Aliphatic C12-16	730
TPH Aliphatic C16-35	820
TPH Aromatic C7-8	0
TPH Aromatic C8-10	0
TPH Aromatic C10-12	0
TPH Aromatic C12-16	95
TPH Aromatic C16-21	200
TPH Aromatic C21-35	67

ESCENARIO DE USO RECREACIONAL ÁREA DE PLAYA - Contacto dermal suelo

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:
Child Resident - Upper Percentile

Chemical	Dermal Contact with Sediment	TOTAL
TPH Aliphatic C6-8	ND	**ND**
TPH Aliphatic C8-10	ND	**ND**
TPH Aliphatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aliphatic C12-16	ND	**ND**
TPH Aliphatic C16-35	ND	**ND**
TPH Aromatic C7-8	ND	**ND**
TPH Aromatic C8-10	ND	**ND**
TPH Aromatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aromatic C12-16	ND	**ND**
TPH Aromatic C16-21	ND	**ND**
TPH Aromatic C21-35	ND	**ND**
TOTAL	**0,0E+00**	**0,0E+00**

Receptor 2:
Adult Resident - Upper Percentile

Chemical	Dermal Contact with Sediment	TOTAL
TPH Aliphatic C6-8	ND	**ND**
TPH Aliphatic C8-10	ND	**ND**
TPH Aliphatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aliphatic C12-16	ND	**ND**
TPH Aliphatic C16-35	ND	**ND**
TPH Aromatic C7-8	ND	**ND**
TPH Aromatic C8-10	ND	**ND**
TPH Aromatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aromatic C12-16	ND	**ND**
TPH Aromatic C16-21	ND	**ND**
TPH Aromatic C21-35	ND	**ND**
TOTAL	**0,0E+00**	**0,0E+00**

ESCENARIO DE USO RECREACIONAL ÁREA DE PLAYA - Contacto dermal suelo

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:
Child Resident - Upper Percentile

Chemical	Dermal Contact with Sediment	TOTAL
TPH Aliphatic C6-8	0,0E+00	**ND**
TPH Aliphatic C8-10	0,0E+00	**ND**
TPH Aliphatic C10-12	1,5E-02	**1,5E-02**
TPH Aliphatic C12-16	4,9E-02	**4,9E-02**
TPH Aliphatic C16-35	2,7E-03	**2,7E-03**
TPH Aromatic C7-8	0,0E+00	**ND**
TPH Aromatic C8-10	0,0E+00	**ND**
TPH Aromatic C10-12	0,0E+00	**ND**
TPH Aromatic C12-16	1,6E-02	**1,6E-02**
TPH Aromatic C16-21	4,4E-02	**4,4E-02**
TPH Aromatic C21-35	1,5E-02	**1,5E-02**
TOTAL	**1,4E-01**	**1,4E-01**

Receptor 2:
Adult Resident - Upper Percentile

Chemical	Dermal Contact with Sediment	TOTAL
TPH Aliphatic C6-8	0,0E+00	**ND**
TPH Aliphatic C8-10	0,0E+00	**ND**
TPH Aliphatic C10-12	5,4E-03	**5,4E-03**
TPH Aliphatic C12-16	1,8E-02	**1,8E-02**
TPH Aliphatic C16-35	1,0E-03	**1,0E-03**
TPH Aromatic C7-8	0,0E+00	**ND**
TPH Aromatic C8-10	0,0E+00	**ND**
TPH Aromatic C10-12	0,0E+00	**ND**
TPH Aromatic C12-16	5,8E-03	**5,8E-03**
TPH Aromatic C16-21	1,6E-02	**1,6E-02**
TPH Aromatic C21-35	5,5E-03	**5,5E-03**
TOTAL	**5,2E-02**	**5,2E-02**

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:	**DERMAL CONTACT with water at the beach**
Date:	**08-01-2016 23:37:39**

Receptors:
Child Resident - Upper Percentile
Adult Resident - Upper Percentile
Risk results ARE NOT added for carcinogens

Routes:
Dermal Contact with Surface Water

Chemicals:
Benzo(a)pyrene

Exposure Parameters

Exposure Pathway	**Units**	**Child Resident - Upper Percentile**	**Adult Resident - Upper Percentile**
Body weight	kg	15	70
Averaging time for carcinogens	yr	70	70
Exposure duration	yr	6	24

Dermal Contact with Surface Water	**Units**	**Child Resident - Upper Percentile**	**Adult Resident - Upper Percentile**
Exposure frequency for surface water/sediment	events/yr	20	20
Time spent swimming or in contact with surface wat	hr/d	2,6	2,6
Skin surface area exposed to surface water	cm2	3,33E+03	8,74E+03

Absorption Adjustment Factors	**Dermal Permeability Coefficient cm/hour**
Benzo(a)pyrene	1,2

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	**Units**	**Benzo(a)pyrene**
Ingestion Slope Factor	1/(mg/kg-day)	7,3
Ingestion Reference Dose	mg/kg-day	ND

Exposure Point Concentrations

--- Used to calculate risk and hazard index.

Concentrations in Surface Water (mg/L)	
Benzo(a)pyrene	1,10E-05

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:
Child Resident - Upper Percentile

Chemical	Dermal Contact with Surface Water	TOTAL
Benzo(a)pyrene	2,6E-07	**2,6E-07**
TOTAL	**2,6E-07**	**2,6E-07**

Receptor 2:
Adult Resident - Upper Percentile

Chemical	Dermal Contact with Surface Water	TOTAL
Benzo(a)pyrene	5,9E-07	**5,9E-07**
TOTAL	**5,9E-07**	**5,9E-07**

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:
Child Resident - Upper Percentile

Chemical	Dermal Contact with Surface Water	TOTAL
Benzo(a)pyrene	ND	ND
TOTAL	**0,0E+00**	**0,0E+00**

Receptor 2:
Adult Resident - Upper Percentile

Chemical	Dermal Contact with Surface Water	TOTAL
Benzo(a)pyrene	ND	ND
TOTAL	**0,0E+00**	**0,0E+00**

FATE AND TRANSPORT MODEL INPUT SUMMARY FILE

Model Description:
Johnson and Ettinger model for outdoor air

with volatile emissions from soil gas

Title:
STREETS 30 M

Simulation time (years). 100

Unsaturated Zone Properties for Vapor Model

Total porosity (cm3/cm3)	0.38
Water content(cm3/cm3)	5.40E-02
Distance from source to surface (m)	1.00E-02

OUTDOOR AIR PARAMETERS

Height of box (breathing zone) (m)	2.0
Length of box (m).	30.
Wind speed (m/s)	3.4

CHEMICAL DATA FOR: Benzene

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	8.80E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	9.80E-06
Solubility (mg/l)	1.75E+03
Vapor pressure (mmHg)	95.
KOC (L/kg).	59.
Henry's Law coefficient (-).	0.23
Molecular weight (g/mol).	78.

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	0.10

CHEMICAL DATA FOR: Ethylbenzene

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	7.50E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	7.80E-06
Solubility (mg/l)	1.69E+02
Vapor pressure (mmHg)	9.6
KOC (L/kg).	3.60E+02
Henry's Law coefficient (-).	0.32
Molecular weight (g/mol).	1.06E+02

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	3.40E-02

CHEMICAL DATA FOR: Naphthalene

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	5.90E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	7.50E-06
Solubility (mg/l)	31.
Vapor pressure (mmHg)	8.50E-02
KOC (L/kg).	2.00E+03
Henry's Law coefficient (-).	1.98E-02
Molecular weight (g/mol).	1.28E+02

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	9.80E-03

CHEMICAL DATA FOR: Styrene

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	7.10E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	8.00E-06
Solubility (mg/l)	3.10E+02
Vapor pressure (mmHg)	6.4
KOC (L/kg).	7.80E+02
Henry's Law coefficient (-).	0.11
Molecular weight (g/mol).	1.04E+02

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	0.0

CHEMICAL DATA FOR: Toluene

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	8.70E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	8.60E-06
Solubility (mg/l)	5.26E+02
Vapor pressure (mmHg)	28.
KOC (L/kg).	1.80E+02
Henry's Law coefficient (-).	0.27
Molecular weight (g/mol).	92.

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	0.35

CHEMICAL DATA FOR: TPH Aliphatic C5-6

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	1.00E-05
Solubility (mg/l)	36.
Vapor pressure (mmHg)	2.70E+02
KOC (L/kg).	7.90E+02
Henry's Law coefficient (-).	34.
Molecular weight (g/mol).	81.

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	0.64

CHEMICAL DATA FOR: TPH Aliphatic C6-8

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                        5.4
Vapor pressure (mmHg)                                    48.
KOC (L/kg).                                             4.00E+03
Henry's Law coefficient (-).                             51.
Molecular weight (g/mol).                               1.00E+02

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)               1.5


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aliphatic C8-10
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                       0.43
Vapor pressure (mmHg)                                    4.8
KOC (L/kg).                                             3.20E+04
Henry's Law coefficient (-).                             82.
Molecular weight (g/mol).                               1.30E+02

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)               2.6


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aliphatic C10-12
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                       3.40E-02
Vapor pressure (mmHg)                                   0.49
KOC (L/kg).                                             2.50E+05
Henry's Law coefficient (-).                            1.30E+02
Molecular weight (g/mol).                               1.60E+02

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)               9.6


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aliphatic C12-16
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                       7.60E-04
Vapor pressure (mmHg)                                   3.60E-02
KOC (L/kg).                                             5.00E+06
Henry's Law coefficient (-).                            5.40E+02
Molecular weight (g/mol).                               2.00E+02

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)               1.5


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aromatic C7-8
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                       5.20E+02
Vapor pressure (mmHg)                                    29.
KOC (L/kg).                                             2.50E+02
Henry's Law coefficient (-).                            0.27
Molecular weight (g/mol).                                92.

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)              0.35


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aromatic C8-10
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                        65.
Vapor pressure (mmHg)                                    4.8
KOC (L/kg).                                             1.60E+03
Henry's Law coefficient (-).                            0.49
Molecular weight (g/mol).                               1.20E+02

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)              0.44


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aromatic C10-12
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                        25.
Vapor pressure (mmHg)                                   0.48
KOC (L/kg).                                             2.50E+03
Henry's Law coefficient (-).                            0.14
Molecular weight (g/mol).                               1.30E+02

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)              0.21


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aromatic C12-16
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                        5.8
Vapor pressure (mmHg)                                   3.60E-02
KOC (L/kg).                                             5.00E+03
Henry's Law coefficient (-).                            5.40E-02
Molecular weight (g/mol).                               1.50E+02

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)              0.21


 CHEMICAL DATA FOR:    Xylenes
```

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	7.20E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	8.50E-06
Solubility (mg/l)	1.98E+02
Vapor pressure (mmHg)	8.8
KOC (L/kg).	2.40E+02
Henry's Law coefficient (-).	0.29
Molecular weight (g/mol).	1.06E+02

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	0.29

Title:
STREETS 30 M
07/26/16 17:49

Scenarios:
Child Resident - RME
Adult Resident - RME

Routes:
INHALATION OF OUTDOOR AIR

Chemicals:
- Benzene
- Ethylbenzene
- Naphthalene
- Styrene
- Toluene
- TPH Aliphatic C5-6
- TPH Aliphatic C6-8
- TPH Aliphatic C8-10
- TPH Aliphatic C10-12
- TPH Aliphatic C12-16
- TPH Aromatic C7-8
- TPH Aromatic C8-10
- TPH Aromatic C10-12
- TPH Aromatic C12-16
- Xylenes

SUMMARY OF INPUT PARAMETERS	SCENARIO: 1	2
LIFETIME AND BODY WEIGHT		
Body Weight (kg)	15.0	70.0
Lifetime (years)	70.0	70.0
INHALATION OF OUTDOOR AIR		
Inhalation rate (m^3/hr)	0.625	0.830
Time outdoors (hours/day)	8.00	8.00
Lung Retention Factor (-)	1.00	1.00
Exp. Freq. Outdoor Air (events/yr)	350.	350.
Exp. Duration Outdoor Air (yr)	6.00	30.0
Absorption Adjustment Factor for Inhalation (-)		
Benzene	1.0	1.0
Ethylbenzene	1.0	1.0
Naphthalene	1.0	1.0
Styrene	1.0	1.0
Toluene	1.0	1.0
TPH Aliphatic C5-6	1.0	1.0
TPH Aliphatic C6-8	1.0	1.0
TPH Aliphatic C8-10	1.0	1.0
TPH Aliphatic C10-12	1.0	1.0
TPH Aliphatic C12-16	1.0	1.0
TPH Aromatic C7-8	1.0	1.0
TPH Aromatic C8-10	1.0	1.0
TPH Aromatic C10-12	1.0	1.0
TPH Aromatic C12-16	1.0	1.0
Xylenes	1.0	1.0

MEDIA CONCENTRATIONS

Concentration in Outdoor Air (mg/m^3)		
Obtained from Fate and Transport output		
AVERAGE Concentration (over exposure duration)		
(used to calculate carcinogenic risk)		
Exposure Duration (years)	6.0	30.
Benzene	6.51E-05	6.51E-05

Ethylbenzene	1.88E-05	1.88E-05
Naphthalene	4.27E-06	4.27E-06
Styrene	0.0	0.0
Toluene	2.25E-04	2.25E-04
TPH Aliphatic C5-6	4.73E-04	4.73E-04
TPH Aliphatic C6-8	1.11E-03	1.11E-03
TPH Aliphatic C8-10	1.92E-03	1.92E-03
TPH Aliphatic C10-12	7.10E-03	7.10E-03
TPH Aliphatic C12-16	1.11E-03	1.11E-03
TPH Aromatic C7-8	2.59E-04	2.59E-04
TPH Aromatic C8-10	3.25E-04	3.25E-04
TPH Aromatic C10-12	1.55E-04	1.55E-04
TPH Aromatic C12-16	1.55E-04	1.55E-04
Xylenes	1.54E-04	1.54E-04

Concentration used to calculate hazard index
(Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years)

Exposure Duration (years)	6.0	7.0
Benzene	6.51E-05	6.51E-05
Ethylbenzene	1.88E-05	1.88E-05
Naphthalene	4.27E-06	4.27E-06
Styrene	0.0	0.0
Toluene	2.25E-04	2.25E-04
TPH Aliphatic C5-6	4.73E-04	4.73E-04
TPH Aliphatic C6-8	1.11E-03	1.11E-03
TPH Aliphatic C8-10	1.92E-03	1.92E-03
TPH Aliphatic C10-12	7.10E-03	7.10E-03
TPH Aliphatic C12-16	1.11E-03	1.11E-03
TPH Aromatic C7-8	2.59E-04	2.59E-04
TPH Aromatic C8-10	3.25E-04	3.25E-04
TPH Aromatic C10-12	1.55E-04	1.55E-04
TPH Aromatic C12-16	1.55E-04	1.55E-04
Xylenes	1.54E-04	1.54E-04

SLOPE FACTORS AND REFERENCE DOSES

Inhalation Slope Factor [1/(mg/kg-day)]

Benzene	2.70E-02	2.70E-02
Ethylbenzene	8.75E-03	8.75E-03
Naphthalene	0.12	0.12
Styrene	ND	ND
Toluene	ND	ND
TPH Aliphatic C5-6	ND	ND
TPH Aliphatic C6-8	ND	ND
TPH Aliphatic C8-10	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND
TPH Aliphatic C12-16	ND	ND
TPH Aromatic C7-8	ND	ND
TPH Aromatic C8-10	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	ND	ND
TPH Aromatic C12-16	ND	ND
Xylenes	ND	ND

Inhalation Reference Dose (mg/kg-day)

Benzene	8.60E-03	8.60E-03
Ethylbenzene	0.29	0.29
Naphthalene	8.60E-04	8.60E-04
Styrene	0.29	0.29
Toluene	1.4	1.4
TPH Aliphatic C5-6	5.3	5.3
TPH Aliphatic C6-8	5.3	5.3
TPH Aliphatic C8-10	0.29	0.29
TPH Aliphatic C10-12	0.29	0.29
TPH Aliphatic C12-16	0.29	0.29
TPH Aromatic C7-8	0.11	0.11
TPH Aromatic C8-10	5.70E-02	5.70E-02
TPH Aromatic C10-12	5.70E-02	5.70E-02
TPH Aromatic C12-16	5.70E-02	5.70E-02

```
            Xylenes                                2.90E-02   2.90E-02

                                                 SCENARIO:
SUMMARY OF RESULTS                      1             2
-----------------------------------------------------------

INHALATION OF OUTDOOR AIR

   Daily Doses and Risk for : Benzene
     CADD (mg/kg-day)                2.08E-05     5.92E-06
     LADD (mg/kg-day)                1.78E-06     2.54E-06
     Cancer Risk (-)                 4.813E-08     6.849E-08
     Hazard Index (-)                2.418E-03     6.882E-04

   Daily Doses and Risk for : Ethylbenzene
     CADD (mg/kg-day)                6.03E-06     1.71E-06
     LADD (mg/kg-day)                5.16E-07     7.35E-07
     Cancer Risk (-)                 4.519E-09     6.430E-09
     Hazard Index (-)                2.078E-05     5.912E-06

   Daily Doses and Risk for : Naphthalene
     CADD (mg/kg-day)                1.37E-06     3.89E-07
     LADD (mg/kg-day)                1.17E-07     1.67E-07
     Cancer Risk (-)                 1.394E-08     1.983E-08
     Hazard Index (-)                1.589E-03     4.522E-04

   Daily Doses and Risk for : Styrene
     CADD (mg/kg-day)                0.00E+00     0.00E+00
     LADD (mg/kg-day)                0.00E+00     0.00E+00
     Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
     Hazard Index (-)                0.000E+00     0.000E+00

   Daily Doses and Risk for : Toluene
     CADD (mg/kg-day)                7.19E-05     2.05E-05
     LADD (mg/kg-day)                6.17E-06     8.77E-06
     Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
     Hazard Index (-)                5.031E-05     1.432E-05

   Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C5-6
     CADD (mg/kg-day)                1.51E-04     4.30E-05
     LADD (mg/kg-day)                1.30E-05     1.84E-05
     Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
     Hazard Index (-)                2.875E-05     8.183E-06

   Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C6-8
     CADD (mg/kg-day)                3.54E-04     1.01E-04
     LADD (mg/kg-day)                3.04E-05     4.32E-05
     Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
     Hazard Index (-)                6.739E-05     1.918E-05

   Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C8-10
     CADD (mg/kg-day)                6.14E-04     1.75E-04
     LADD (mg/kg-day)                5.27E-05     7.49E-05
     Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
     Hazard Index (-)                2.118E-03     6.028E-04

   Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C10-12
     CADD (mg/kg-day)                2.27E-03     6.46E-04
     LADD (mg/kg-day)                1.94E-04     2.77E-04
     Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
     Hazard Index (-)                7.823E-03     2.226E-03

   Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C12-16
```

```
                                    2.txt
  CADD (mg/kg-day)                3.54E-04     1.01E-04
  LADD (mg/kg-day)                3.04E-05     4.32E-05
  Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
  Hazard Index (-)                1.222E-03     3.478E-04

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C7-8
  CADD (mg/kg-day)                8.27E-05     2.35E-05
  LADD (mg/kg-day)                7.09E-06     1.01E-05
  Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
  Hazard Index (-)                7.520E-04     2.140E-04

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C8-10
  CADD (mg/kg-day)                1.04E-04     2.96E-05
  LADD (mg/kg-day)                8.91E-06     1.27E-05
  Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
  Hazard Index (-)                1.824E-03     5.191E-04

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C10-12
  CADD (mg/kg-day)                4.96E-05     1.41E-05
  LADD (mg/kg-day)                4.25E-06     6.05E-06
  Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
  Hazard Index (-)                8.709E-04     2.478E-04

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C12-16
  CADD (mg/kg-day)                4.96E-05     1.41E-05
  LADD (mg/kg-day)                4.25E-06     6.05E-06
  Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
  Hazard Index (-)                8.709E-04     2.478E-04

Daily Doses and Risk for : Xylenes
  CADD (mg/kg-day)                4.94E-05     1.40E-05
  LADD (mg/kg-day)                4.23E-06     6.02E-06
  Cancer Risk (-)                 0.000E+00     0.000E+00
  Hazard Index (-)                1.702E-03     4.843E-04
```

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK
For Soil Gas Source

CASE 1:
Child Resident - RME

	Inhalation of Outdoor Air	TOTAL
Benzene	4.8E-08	4.8E-08
Ethylbenzene	4.5E-09	4.5E-09
Naphthalene	1.4E-08	1.4E-08
TOTAL	6.7E-08	6.7E-08

CASE 2:
Adult Resident - RME

	Inhalation of Outdoor Air	TOTAL
Benzene	6.8E-08	6.8E-08
Ethylbenzene	6.4E-09	6.4E-09
Naphthalene	2.0E-08	2.0E-08
TOTAL	9.5E-08	9.5E-08

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS
For Soil Gas Source

CASE 1:
Child Resident - RME

	Inhalation of Outdoor Air	TOTAL
Benzene	2.4E-03	2.4E-03
Ethylbenzene	2.1E-05	2.1E-05
Naphthalene	1.6E-03	1.6E-03
Styrene	0.0E+00	0.0E+00
Toluene	5.0E-05	5.0E-05
TPH Aliphatic C5-6	2.9E-05	2.9E-05
TPH Aliphatic C6-8	6.7E-05	6.7E-05
TPH Aliphatic C8-10	2.1E-03	2.1E-03
TPH Aliphatic C10-12	7.8E-03	7.8E-03
TPH Aliphatic C12-16	1.2E-03	1.2E-03
TPH Aromatic C7-8	7.5E-04	7.5E-04
TPH Aromatic C8-10	1.8E-03	1.8E-03
TPH Aromatic C10-12	8.7E-04	8.7E-04
TPH Aromatic C12-16	8.7E-04	8.7E-04
Xylenes	1.7E-03	1.7E-03
TOTAL	2.1E-02	2.1E-02

CASE 2:
Adult Resident - RME

	Inhalation of Outdoor Air	TOTAL
Benzene	6.9E-04	6.9E-04
Ethylbenzene	5.9E-06	5.9E-06
Naphthalene	4.5E-04	4.5E-04
Styrene	0.0E+00	0.0E+00
Toluene	1.4E-05	1.4E-05
TPH Aliphatic C5-6	8.2E-06	8.2E-06
TPH Aliphatic C6-8	1.9E-05	1.9E-05
TPH Aliphatic C8-10	6.0E-04	6.0E-04
TPH Aliphatic C10-12	2.2E-03	2.2E-03
TPH Aliphatic C12-16	3.5E-04	3.5E-04
TPH Aromatic C7-8	2.1E-04	2.1E-04
TPH Aromatic C8-10	5.2E-04	5.2E-04
TPH Aromatic C10-12	2.5E-04	2.5E-04
TPH Aromatic C12-16	2.5E-04	2.5E-04
Xylenes	4.8E-04	4.8E-04
TOTAL	6.1E-03	6.1E-03

NOTE: A zero hazard index may indicate that a RfD was not entered for that chemical.

ESCENARIO TRABAJADOR DE LA CONSTRUCCIÓN DENTRO DEL SITIO EN LABORES DE OBRAS - Contacto dermal e ingestión de suelo

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:	**CONSTRUCTION WORKER dermal contact ingestion of soil**
Date:	**12-05-2016 17:56:32**

Receptors:
Worker - Mean

Routes:
Ingestion of Soil
Dermal Contact with Soil

Chemicals:
Aldrin
Benz(a)anthracene
Benzene
Benzo(a)pyrene
Benzo(k)fluoranthene
beta-BHC
Chromium (VI)
Copper
DDT (p,p')
Dieldrin
Endrin
Ethylbenzene
Indeno(1,2,3-cd)pyrene
Lead
Naphthalene
PCBs (Aroclor 1254)
Pentachlorophenol
Toluene
TPH Aliphatic C5-6
TPH Aliphatic C6-8
TPH Aliphatic C8-10
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C12-16
TPH Aliphatic C16-35
TPH Aromatic C8-10
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C12-16
TPH Aromatic C16-21
TPH Aromatic C21-35
Vanadium
Xylenes (total)

Exposure Parameters

Exposure Pathway	**Units**	**Worker - Mean**
Body weight	kg	70
Averaging time for carcinogens	yr	70
Exposure duration	yr	10

Ingestion of Soil	**Units**	**Worker - Mean**
Exposure frequency for soil	events/yr	250
Ingestion rate for soil	mg/d	50

Dermal Contact with Soil	**Units**	**Worker - Mean**
Exposure frequency for soil	events/yr	250
Skin surface area exposed to soil	cm2	2,29E+03
Soil/skin adherence factor	mg/cm2	7,00E-02

Absorption Adjustment Factors	**Ingestion of Soil**
	-
Aldrin	1
Benz(a)anthracene	1
Benzene	1
Benzo(a)pyrene	1
Benzo(k)fluoranthene	1
beta-BHC	1
Chromium (VI)	2,50E-02
Copper	1
DDT (p,p')	1
Dieldrin	1
Endrin	1
Ethylbenzene	1
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	1
Lead	1
Naphthalene	1
PCBs (Aroclor 1254)	1
Pentachlorophenol	1
Toluene	1
TPH Aliphatic C5-6	1
TPH Aliphatic C6-8	1
TPH Aliphatic C8-10	1
TPH Aliphatic C10-12	1
TPH Aliphatic C12-16	1
TPH Aliphatic C16-35	1
TPH Aromatic C8-10	1
TPH Aromatic C10-12	1
TPH Aromatic C12-16	1
TPH Aromatic C16-21	1
TPH Aromatic C21-35	1
Vanadium	2,60E-02
Xylenes (total)	1

ESCENARIO TRABAJADOR DE LA CONSTRUCCIÓN DENTRO DEL SITIO EN LABORES DE OBRAS - Contacto dermal e ingestión de suelo

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	Units	Aldrin	Benz(a)anthracene	Benzene	Benzo(a)pyrene	Benzo(k)fluoranthene	beta-BHC	Chromium (VI)	Copper	DDT (p,p')	Dieldrin
Ingestion Slope Factor	1/(mg/kg-day)	17	0,73	5,50E-02	7,3	7,30E-02	1,86	0,5	ND	0,34	16
Ingestion Reference Dose	mg/kg-day	3,00E-05	ND	4,00E-03	ND	ND	6,00E-02	3,00E-03	4,00E-02	5,00E-04	5,00E-05

Chemical	Units	Endrin	Ethylbenzene	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	Lead	Naphthalene	PCBs (Aroclor 1254)	Pentachlorophenol	Toluene	TPH Aliphatic C5-6	TPH Aliphatic C6-8
Ingestion Slope Factor	1/(mg/kg-day)	ND	1,10E-02	0,73	ND	ND	2	0,12	ND	ND	ND
Ingestion Reference Dose	mg/kg-day	3,00E-04	0,1	ND	3,60E-03	2,00E-02	2,00E-05	3,00E-02	8,00E-02	5,00E+00	5

Chemical	Units	TPH Aliphatic C8-10	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aliphatic C16-35	TPH Aromatic C8-10	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C12-16	TPH Aromatic C16-21	TPH Aromatic C21-35	Vanadium	Xylenes (total)
Ingestion Slope Factor	1/(mg/kg-day)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ingestion Reference Dose	mg/kg-day	0,1	0,1	0,1	2	4,00E-02	4,00E-02	4,00E-02	3,00E-02	3,00E-02	5,00E-03	0,2

Exposure Point Concentrations

--- Used to calculate risk and hazard index.

Concentrations in Surface Soil (mg/kg)	
Aldrin	3,50E-02
Benz(a)anthracene	1,6
Benzene	5,5
Benzo(a)pyrene	1,8
Benzo(k)fluoranthene	1,1
beta-BHC	5,00E-02
Chromium (VI)	32
Copper	650
DDT (p,p')	4,50E-02
Dieldrin	1,1
Endrin	1,5
Ethylbenzene	190
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	0,79
Lead	1,20E+03
Naphthalene	100
PCBs (Aroclor 1254)	0,44
Pentachlorophenol	4,50E-02
Toluene	63
TPH Aliphatic C5-6	54
TPH Aliphatic C6-8	900
TPH Aliphatic C8-10	1,10E+03
TPH Aliphatic C10-12	1,60E+03
TPH Aliphatic C12-16	5,10E+03
TPH Aliphatic C16-35	9,50E+03
TPH Aromatic C8-10	32
TPH Aromatic C10-12	460
TPH Aromatic C12-16	1,80E+03
TPH Aromatic C16-21	2,00E+03
TPH Aromatic C21-35	1,30E+03
Vanadium	250
Xylenes (total)	1,40E+03

ESCENARIO TRABAJADOR DE LA CONSTRUCCIÓN DENTRO DEL SITIO EN LABORES DE OBRAS - Contacto dermal e ingestión de suelo

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:
Worker - Mean

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	TOTAL
Aldrin	4,2E-08	1,3E-08	**5,5E-08**
Benz(a)anthracene	8,2E-08	3,4E-08	**1,2E-07**
Benzene	2,1E-08	6,8E-08	**8,9E-08**
Benzo(a)pyrene	9,2E-07	3,8E-07	**1,3E-06**
Benzo(k)fluoranthene	5,6E-09	2,3E-09	**8,0E-09**
beta-BHC	6,5E-09	8,3E-10	**7,3E-09**
Chromium (VI)	2,8E-08	3,6E-06	**3,6E-06**
Copper	ND	ND	**ND**
DDT (p,p')	1,1E-09	1,0E-10	**1,2E-09**
Dieldrin	1,2E-06	3,9E-07	**1,6E-06**
Endrin	ND	ND	**ND**
Ethylbenzene	1,5E-07	4,7E-07	**6,1E-07**
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	4,0E-08	1,7E-08	**5,7E-08**
Lead	ND	ND	**ND**
Naphthalene	ND	ND	**ND**
PCBs (Aroclor 1254)	6,2E-08	2,8E-08	**8,9E-08**
Pentachlorophenol	3,8E-10	3,0E-10	**6,8E-10**
Toluene	ND	ND	**ND**
TPH Aliphatic C5-6	ND	ND	**ND**
TPH Aliphatic C6-8	ND	ND	**ND**
TPH Aliphatic C8-10	ND	ND	**ND**
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND	**ND**
TPH Aliphatic C12-16	ND	ND	**ND**
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND	**ND**
TPH Aromatic C8-10	ND	ND	**ND**
TPH Aromatic C10-12	ND	ND	**ND**
TPH Aromatic C12-16	ND	ND	**ND**
TPH Aromatic C16-21	ND	ND	**ND**
TPH Aromatic C21-35	ND	ND	**ND**
Vanadium	ND	ND	**ND**
Xylenes (total)	ND	ND	**ND**
TOTAL	**2,6E-06**	**5,0E-06**	**7,6E-06**

ESCENARIO TRABAJADOR DE LA CONSTRUCCIÓN DENTRO DEL SITIO EN LABORES DE OBRAS - Contacto dermal e ingestión de suelo

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:
Worker - Mean

Chemical	Ingestion of Soil	Dermal Contact with Soil	TOTAL
Aldrin	5,7E-04	1,8E-04	**7,5E-04**
Benz(a)anthracene	ND	ND	**ND**
Benzene	6,7E-04	2,2E-03	**2,8E-03**
Benzo(a)pyrene	ND	ND	**ND**
Benzo(k)fluoranthene	ND	ND	**ND**
beta-BHC	4,1E-07	5,2E-08	**4,6E-07**
Chromium (VI)	1,3E-04	1,7E-02	**1,7E-02**
Copper	8,0E-03	2,6E-02	**3,3E-02**
DDT (p,p')	4,4E-05	4,2E-06	**4,8E-05**
Dieldrin	1,1E-02	3,5E-03	**1,4E-02**
Endrin	2,5E-03	7,8E-04	**3,2E-03**
Ethylbenzene	9,3E-04	3,0E-03	**3,9E-03**
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	ND	ND	**ND**
Lead	1,6E-01	5,2E-03	**1,7E-01**
Naphthalene	2,5E-03	1,0E-03	**3,5E-03**
PCBs (Aroclor 1254)	1,1E-02	4,8E-03	**1,6E-02**
Pentachlorophenol	7,3E-07	5,9E-07	**1,3E-06**
Toluene	3,9E-04	1,2E-03	**1,6E-03**
TPH Aliphatic C5-6	5,3E-06	1,7E-05	**2,2E-05**
TPH Aliphatic C6-8	8,8E-05	2,8E-04	**3,7E-04**
TPH Aliphatic C8-10	5,4E-03	1,7E-02	**2,3E-02**
TPH Aliphatic C10-12	7,8E-03	2,5E-02	**3,3E-02**
TPH Aliphatic C12-16	2,5E-02	8,0E-02	**1,1E-01**
TPH Aliphatic C16-35	2,3E-03	7,5E-03	**9,8E-03**
TPH Aromatic C8-10	3,9E-04	1,3E-03	**1,7E-03**
TPH Aromatic C10-12	5,6E-03	1,8E-02	**2,4E-02**
TPH Aromatic C12-16	2,2E-02	7,1E-02	**9,3E-02**
TPH Aromatic C16-21	3,3E-02	1,1E-01	**1,4E-01**
TPH Aromatic C21-35	2,1E-02	6,8E-02	**8,9E-02**
Vanadium	6,4E-04	7,8E-02	**7,9E-02**
Xylenes (total)	3,4E-03	1,1E-02	**1,4E-02**
TOTAL	**3,3E-01**	**5,5E-01**	**8,7E-01**

ESCENARIO TRABAJADOR DE LA CONSTRUCCIÓN DENTRO DEL SITIO EN LABORES DE OBRA - Inhalación espacios abiertos

FATE AND TRANSPORT MODEL INPUT SUMMARY FILE

Model Description:
Johnson and Ettinger model for outdoor air

with volatile emissions from soil gas

Title:
construction worker inhalation outdoors

Simulation time (years). 100

Unsaturated Zone Properties for Vapor Model

Total porosity (cm3/cm3)	0.38
Water content(cm3/cm3)	5.40E-02
Distance from source to surface (m)	1.00E-02

OUTDOOR AIR PARAMETERS

Height of box (breathing zone) (m)	2.0
Length of box (m).	2.00E+02
Wind speed (m/s)	3.4

CHEMICAL DATA FOR: Benzene

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	8.80E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	9.80E-06
Solubility (mg/l)	1.75E+03
Vapor pressure (mmHg)	95.
KOC (L/kg).	59.
Henry's Law coefficient (-).	0.23
Molecular weight (g/mol).	78.

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3) 0.10

CHEMICAL DATA FOR: Ethylbenzene

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	7.50E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	7.80E-06
Solubility (mg/l)	1.69E+02
Vapor pressure (mmHg)	9.6
KOC (L/kg).	3.60E+02
Henry's Law coefficient (-).	0.32
Molecular weight (g/mol).	1.06E+02

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3) 3.40E-02

CHEMICAL DATA FOR: Naphthalene

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	5.90E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	7.50E-06
Solubility (mg/l)	31.
Vapor pressure (mmHg)	8.50E-02
KOC (L/kg).	2.00E+03
Henry's Law coefficient (-).	1.98E-02
Molecular weight (g/mol).	1.28E+02

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	9.80E-03

CHEMICAL DATA FOR: Styrene

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	7.10E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	8.00E-06
Solubility (mg/l)	3.10E+02
Vapor pressure (mmHg)	6.4
KOC (L/kg).	7.80E+02
Henry's Law coefficient (-).	0.11
Molecular weight (g/mol).	1.04E+02

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	0.0

CHEMICAL DATA FOR: Toluene

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	8.70E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	8.60E-06
Solubility (mg/l)	5.26E+02
Vapor pressure (mmHg)	28.
KOC (L/kg).	1.80E+02
Henry's Law coefficient (-).	0.27
Molecular weight (g/mol).	92.

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	0.35

CHEMICAL DATA FOR: TPH Aliphatic C5-6

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	1.00E-05
Solubility (mg/l)	36.
Vapor pressure (mmHg)	2.70E+02
KOC (L/kg).	7.90E+02
Henry's Law coefficient (-).	34.
Molecular weight (g/mol).	81.

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	0.64

CHEMICAL DATA FOR: TPH Aliphatic C6-8

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                        5.4
Vapor pressure (mmHg)                                    48.
KOC (L/kg).                                             4.00E+03
Henry's Law coefficient (-).                             51.
Molecular weight (g/mol).                               1.00E+02

 Source Concentrations:
 ---------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)               1.5


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aliphatic C8-10
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                       0.43
Vapor pressure (mmHg)                                    4.8
KOC (L/kg).                                             3.20E+04
Henry's Law coefficient (-).                             82.
Molecular weight (g/mol).                               1.30E+02

 Source Concentrations:
 ---------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)               2.6


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aliphatic C10-12
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                       3.40E-02
Vapor pressure (mmHg)                                   0.49
KOC (L/kg).                                             2.50E+05
Henry's Law coefficient (-).                            1.30E+02
Molecular weight (g/mol).                               1.60E+02

 Source Concentrations:
 ---------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)               9.6


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aliphatic C12-16
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                       7.60E-04
Vapor pressure (mmHg)                                   3.60E-02
KOC (L/kg).                                             5.00E+06
Henry's Law coefficient (-).                            5.40E+02
Molecular weight (g/mol).                               2.00E+02

 Source Concentrations:
 ---------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)               1.5


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aromatic C5-7
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                       1.80E+03
Vapor pressure (mmHg)                                    99.
KOC (L/kg).                                              79.
Henry's Law coefficient (-).                            0.23
Molecular weight (g/mol).                                78.

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)               0.0


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aromatic C7-8
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                       5.20E+02
Vapor pressure (mmHg)                                    29.
KOC (L/kg).                                             2.50E+02
Henry's Law coefficient (-).                            0.27
Molecular weight (g/mol).                                92.

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)              0.35


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aromatic C8-10
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                        65.
Vapor pressure (mmHg)                                    4.8
KOC (L/kg).                                             1.60E+03
Henry's Law coefficient (-).                            0.49
Molecular weight (g/mol).                               1.20E+02

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)              0.44


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aromatic C10-12
```

```
Diffusion coefficient in air (cm2/s)                    0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)                  1.00E-05
Solubility (mg/l)                                        25.
Vapor pressure (mmHg)                                   0.48
KOC (L/kg).                                             2.50E+03
Henry's Law coefficient (-).                            0.14
Molecular weight (g/mol).                               1.30E+02

 Source Concentrations:
 ----------------------
Source conc. for outdoor air model (mg/m3)              0.21


 CHEMICAL DATA FOR:    TPH Aromatic C12-16
```

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	0.10
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	1.00E-05
Solubility (mg/l)	5.8
Vapor pressure (mmHg)	3.60E-02
KOC (L/kg).	5.00E+03
Henry's Law coefficient (-).	5.40E-02
Molecular weight (g/mol).	1.50E+02

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	0.21

CHEMICAL DATA FOR: Xylenes

Diffusion coefficient in air (cm2/s)	7.20E-02
Diffusion coefficient in water (cm2/s)	8.50E-06
Solubility (mg/l)	1.98E+02
Vapor pressure (mmHg)	8.8
KOC (L/kg).	2.40E+02
Henry's Law coefficient (-).	0.29
Molecular weight (g/mol).	1.06E+02

Source Concentrations:

Source conc. for outdoor air model (mg/m3)	0.29

ESCENARIO TRABAJADOR DE LA CONSTRUCCIÓN DENTRO DEL SITIO EN LABORES DE OBRA - Inhalación espacios abiertos


```
Title:
construction worker inhalation outdoors
07/26/16  14:37

Scenarios:
Worker - Typical

Routes:
INHALATION OF OUTDOOR AIR

Chemicals:
   Benzene
   Ethylbenzene
   Naphthalene
   Styrene
   Toluene
   TPH Aliphatic C5-6
   TPH Aliphatic C6-8
   TPH Aliphatic C8-10
   TPH Aliphatic C10-12
   TPH Aliphatic C12-16
   TPH Aromatic C5-7
   TPH Aromatic C7-8
   TPH Aromatic C8-10
   TPH Aromatic C10-12
   TPH Aromatic C12-16
   Xylenes

                                                        SCENARIO:
SUMMARY OF INPUT PARAMETERS                            1
----------------------------------------------------------------------

LIFETIME AND BODY WEIGHT
   Body Weight (kg)                                 70.0
   Lifetime (years)                                 70.0

INHALATION OF OUTDOOR AIR
   Inhalation rate (m^3/hr)                         2.50
   Time outdoors (hours/day)                        9.00
   Lung Retention Factor (-)                        1.00
   Exp. Freq. Outdoor Air (events/yr)               250.
   Exp. Duration Outdoor Air (yr)                   10.0
   Absorption Adjustment Factor for
      Inhalation (-)
            Benzene                                  1.0
            Ethylbenzene                             1.0
            Naphthalene                              1.0
            Styrene                                  1.0
            Toluene                                  1.0
            TPH Aliphatic C5-6                       1.0
            TPH Aliphatic C6-8                       1.0
            TPH Aliphatic C8-10                      1.0
            TPH Aliphatic C10-12                     1.0
            TPH Aliphatic C12-16                     1.0
            TPH Aromatic C5-7                        1.0
            TPH Aromatic C7-8                        1.0
            TPH Aromatic C8-10                       1.0
            TPH Aromatic C10-12                      1.0
            TPH Aromatic C12-16                      1.0
            Xylenes                                  1.0

MEDIA CONCENTRATIONS
--------------------
Concentration in Outdoor Air (mg/m^3)
    Obtained from Fate and Transport output
    AVERAGE Concentration (over exposure duration)
    (used to calculate carcinogenic risk)
              Exposure Duration (years)              10.
```

```
            Benzene                                4.34E-04
            Ethylbenzene                           1.26E-04
            Naphthalene                            2.85E-05
            Styrene                                 0.0
            Toluene                                1.50E-03
            TPH Aliphatic C5-6                     3.16E-03
            TPH Aliphatic C6-8                     7.39E-03
            TPH Aliphatic C8-10                    1.28E-02
            TPH Aliphatic C10-12                   4.73E-02
            TPH Aliphatic C12-16                   7.39E-03
            TPH Aromatic C5-7                       0.0
            TPH Aromatic C7-8                      1.72E-03
            TPH Aromatic C8-10                     2.17E-03
            TPH Aromatic C10-12                    1.03E-03
            TPH Aromatic C12-16                    1.03E-03
            Xylenes                                1.03E-03
    Concentration used to calculate hazard index
    (Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years)
              Exposure Duration (years)             7.0
            Benzene                                4.34E-04
            Ethylbenzene                           1.26E-04
            Naphthalene                            2.85E-05
            Styrene                                 0.0
            Toluene                                1.50E-03
            TPH Aliphatic C5-6                     3.16E-03
            TPH Aliphatic C6-8                     7.39E-03
            TPH Aliphatic C8-10                    1.28E-02
            TPH Aliphatic C10-12                   4.73E-02
            TPH Aliphatic C12-16                   7.39E-03
            TPH Aromatic C5-7                       0.0
            TPH Aromatic C7-8                      1.72E-03
            TPH Aromatic C8-10                     2.17E-03
            TPH Aromatic C10-12                    1.03E-03
            TPH Aromatic C12-16                    1.03E-03
            Xylenes                                1.03E-03

SLOPE FACTORS AND REFERENCE DOSES
---------------------------------

Inhalation Slope Factor [1/(mg/kg-day)]
            Benzene                                2.70E-02
            Ethylbenzene                           8.75E-03
            Naphthalene                            0.12
            Styrene                                 ND
            Toluene                                 ND
            TPH Aliphatic C5-6                      ND
            TPH Aliphatic C6-8                      ND
            TPH Aliphatic C8-10                     ND
            TPH Aliphatic C10-12                    ND
            TPH Aliphatic C12-16                    ND
            TPH Aromatic C5-7                       ND
            TPH Aromatic C7-8                       ND
            TPH Aromatic C8-10                      ND
            TPH Aromatic C10-12                     ND
            TPH Aromatic C12-16                     ND
            Xylenes                                 ND

Inhalation Reference Dose (mg/kg-day)
            Benzene                                8.60E-03
            Ethylbenzene                           0.29
            Naphthalene                            8.60E-04
            Styrene                                0.29
            Toluene                                 1.4
            TPH Aliphatic C5-6                      5.3
            TPH Aliphatic C6-8                      5.3
            TPH Aliphatic C8-10                    0.29
            TPH Aliphatic C10-12                   0.29
            TPH Aliphatic C12-16                   0.29
```

ESCENARIO TRABAJADOR DE LA CONSTRUCCIÓN DENTRO DEL SITIO EN LABORES DE OBRA - Inhalación espacios abiertos

TPH Aromatic C5-7	0.11
TPH Aromatic C7-8	0.11
TPH Aromatic C8-10	5.70E-02
TPH Aromatic C10-12	5.70E-02
TPH Aromatic C12-16	5.70E-02
Xylenes	2.90E-02

SUMMARY OF RESULTS

INHALATION OF OUTDOOR AIR

Daily Doses and Risk for : Benzene

CADD (mg/kg-day)	9.55E-05
LADD (mg/kg-day)	1.36E-05
Cancer Risk (-)	3.684E-07
Hazard Index (-)	1.111E-02

Daily Doses and Risk for : Ethylbenzene

CADD (mg/kg-day)	2.77E-05
LADD (mg/kg-day)	3.95E-06
Cancer Risk (-)	3.459E-08
Hazard Index (-)	9.543E-05

Daily Doses and Risk for : Naphthalene

CADD (mg/kg-day)	6.27E-06
LADD (mg/kg-day)	8.96E-07
Cancer Risk (-)	1.067E-07
Hazard Index (-)	7.296E-03

Daily Doses and Risk for : Styrene

CADD (mg/kg-day)	0.00E+00
LADD (mg/kg-day)	0.00E+00
Cancer Risk (-)	0.000E+00
Hazard Index (-)	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Toluene

CADD (mg/kg-day)	3.30E-04
LADD (mg/kg-day)	4.72E-05
Cancer Risk (-)	0.000E+00
Hazard Index (-)	2.311E-04

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C5-6

CADD (mg/kg-day)	6.95E-04
LADD (mg/kg-day)	9.92E-05
Cancer Risk (-)	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.321E-04

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C6-8

CADD (mg/kg-day)	1.63E-03
LADD (mg/kg-day)	2.33E-04
Cancer Risk (-)	0.000E+00
Hazard Index (-)	3.095E-04

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C8-10

CADD (mg/kg-day)	2.82E-03
LADD (mg/kg-day)	4.03E-04
Cancer Risk (-)	0.000E+00
Hazard Index (-)	9.732E-03

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C10-12

CADD (mg/kg-day)	1.04E-02

```
                                    2.txt
  LADD (mg/kg-day)                1.49E-03
  Cancer Risk (-)                 0.000E+00
  Hazard Index (-)                3.592E-02

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C12-16
  CADD (mg/kg-day)                1.63E-03
  LADD (mg/kg-day)                2.33E-04
  Cancer Risk (-)                 0.000E+00
  Hazard Index (-)                5.613E-03

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C5-7
  CADD (mg/kg-day)                0.00E+00
  LADD (mg/kg-day)                0.00E+00
  Cancer Risk (-)                 0.000E+00
  Hazard Index (-)                0.000E+00

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C7-8
  CADD (mg/kg-day)                3.80E-04
  LADD (mg/kg-day)                5.43E-05
  Cancer Risk (-)                 0.000E+00
  Hazard Index (-)                3.452E-03

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C8-10
  CADD (mg/kg-day)                4.78E-04
  LADD (mg/kg-day)                6.82E-05
  Cancer Risk (-)                 0.000E+00
  Hazard Index (-)                8.378E-03

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C10-12
  CADD (mg/kg-day)                2.28E-04
  LADD (mg/kg-day)                3.26E-05
  Cancer Risk (-)                 0.000E+00
  Hazard Index (-)                3.998E-03

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C12-16
  CADD (mg/kg-day)                2.28E-04
  LADD (mg/kg-day)                3.26E-05
  Cancer Risk (-)                 0.000E+00
  Hazard Index (-)                3.998E-03

Daily Doses and Risk for : Xylenes
  CADD (mg/kg-day)                2.27E-04
  LADD (mg/kg-day)                3.24E-05
  Cancer Risk (-)                 0.000E+00
  Hazard Index (-)                7.812E-03
```

ESCENARIO TRABAJADOR DE LA CONSTRUCCIÓN DENTRO DEL SITIO EN LABORES DE OBRA - Inhalación espacios abiertos

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK
For Soil Gas Source

CASE 1:
Worker - Typical

	Inhalation of Outdoor Air	TOTAL
Benzene	3.7E-07	3.7E-07
Ethylbenzene	3.5E-08	3.5E-08
Naphthalene	1.1E-07	1.1E-07
TOTAL	5.1E-07	5.1E-07

ESCENARIO TRABAJADOR DE LA CONSTRUCCIÓN DENTRO DEL SITIO EN LABORES DE OBRA - Inhalación espacios abiertos

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS
For Soil Gas Source

CASE 1:
Worker - Typical

	Inhalation of Outdoor Air	TOTAL
Benzene	1.1E-02	1.1E-02
Ethylbenzene	9.5E-05	9.5E-05
Naphthalene	7.3E-03	7.3E-03
Styrene	0.0E+00	0.0E+00
Toluene	2.3E-04	2.3E-04
TPH Aliphatic C5-6	1.3E-04	1.3E-04
TPH Aliphatic C6-8	3.1E-04	3.1E-04
TPH Aliphatic C8-10	9.7E-03	9.7E-03
TPH Aliphatic C10-12	3.6E-02	3.6E-02
TPH Aliphatic C12-16	5.6E-03	5.6E-03
TPH Aromatic C5-7	0.0E+00	0.0E+00
TPH Aromatic C7-8	3.5E-03	3.5E-03
TPH Aromatic C8-10	8.4E-03	8.4E-03
TPH Aromatic C10-12	4.0E-03	4.0E-03
TPH Aromatic C12-16	4.0E-03	4.0E-03
Xylenes	7.8E-03	7.8E-03
TOTAL	9.8E-02	9.8E-02

NOTE: A zero hazard index may indicate that a RfD was not entered for that chemical.

ESCENARIO TRABAJADOR DE LA CONSTRUCCIÓN DENTRO DEL SITIO EN LABORES DE SUPERVISIÓN - Inhalación en espacios interiores

Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

Model Description:

Source media: Soil Gas
Johnson and Ettinger Indoor air model
Volatilization from soil gas source to indoor air (onsite)

*** Lens not used

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm3/cm3	3,8E-01
Water content	cm3/cm3	5,4E-02
Air content	cm3/cm3	3,3E-01
Distance from source to building	m	1,0E-01
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Building Parameters		
Diffusion and convection considered		
Foundation thickness	cm	1,5E+01
Fraction of cracks	cm3/cm3	2,0E-03
Porosity in cracks	-	2,5E-01
Water content in cracks	-	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	3,0E+00
Enclosed space floor width	m	3,0E+00
Enclosed space height	m	3,0E+00
Volume of building	m3	2,7E+01
Number of air changes per hour	1/hr	8,3E-01
Qsoil (soil gas flux into building)	l/min	5,0E+00
Qsoil in m3/hr	m3/hr	3,0E-01

Soil Gas Source Concentration for Vapor Model Chemical	Units	Concentration
Benzene	mg/m3	1,0E-01
Ethylbenzene	mg/m3	3,4E-02
Naphthalene	mg/m3	9,8E-03
Toluene	mg/m3	3,5E-01
TPH Aliphatic C5-6	mg/m3	6,4E-01
TPH Aliphatic C6-8	mg/m3	1,5E+00
TPH Aliphatic C8-10	mg/m3	2,6E+00
TPH Aliphatic C10-12	mg/m3	9,6E+00
TPH Aliphatic C12-16	mg/m3	1,5E+00
TPH Aromatic C7-8	mg/m3	3,5E-01
TPH Aromatic C8-10	mg/m3	4,4E-01
TPH Aromatic C10-12	mg/m3	2,1E-01
TPH Aromatic C12-16	mg/m3	2,1E-01
Xylenes (total)	mg/m3	2,9E-01

Chemical Properties	Units	Benzene	Ethylbenzene	Naphthalene	Toluene	TPH Aliphatic C5-6	TPH Aliphatic C6-8	TPH Aliphatic C8-10	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aromatic C7-8	TPH Aromatic C8-10	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C12-16	Xylenes (total)
Diffusion coefficient in air	cm2/s	8,8E-02	7,5E-02	5,9E-02	8,7E-02	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	8,5E-02
Diffusion coefficient in water	cm2/s	9,8E-06	7,8E-06	7,5E-06	8,6E-06	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	9,9E-06
Solubility	mg/l	1,8E+03	1,7E+02	3,1E+01	5,3E+02	3,6E+01	5,4E+00	4,3E-01	3,4E-02	7,6E-04	5,2E+02	6,5E+01	2,5E+01	5,8E+00	1,1E+02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
KOC (organiChem carbon partition coefficient	L/kg	5,9E+01	3,6E+02	2,0E+03	1,8E+02	7,9E+02	4,0E+03	3,2E+04	2,5E+05	5,0E+06	2,5E+02	1,6E+03	2,5E+03	5,0E+03	3,8E+02
Henry's Law coefficient	m3-H2O)/(m3-air	2,3E-01	3,2E-01	2,0E-02	2,7E-01	3,4E+01	5,1E+01	8,2E+01	1,3E+02	5,4E+02	2,7E-01	4,9E-01	1,4E-01	5,4E-02	2,1E-01
Molecular weight	g/mol	7,8E+01	1,1E+02	1,3E+02	9,2E+01	8,1E+01	1,0E+02	1,3E+02	1,6E+02	2,0E+02	9,2E+01	1,2E+02	1,3E+02	1,5E+02	1,1E+02

ESCENARIO TRABAJADOR DE LA CONSTRUCCIÓN DENTRO DEL SITIO EN LABORES DE SUPERVISIÓN - Inhalación en espacios interiores

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:	**Inhalation indoors from SOIL GAS - Supervisor worker**
Date:	**07-26-2016 16:28:49**

Receptors:
Worker - Upper Percentile

Routes:
Inhalation of Indoor Air

Chemicals:
Benzene
Ethylbenzene
Naphthalene
Toluene
TPH Aliphatic C5-6
TPH Aliphatic C6-8
TPH Aliphatic C8-10
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C12-16
TPH Aromatic C7-8
TPH Aromatic C8-10
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C12-16
Xylenes (total)

Exposure Parameters

Exposure Pathway	**Units**	**Worker - Upper Percentile**
Body weight	kg	70
Averaging time for carcinogens	yr	70
Exposure duration	yr	25

Inhalation of Indoor Air	**Units**	**Worker - Upper Percentile**
Exposure frequency for indoor air	events/yr	250
Time indoors	hr/d	9
Inhalation rate indoors	m3/hr	0,83

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	**Units**	**Benzene**	**Ethylbenzene**	**Naphthalene**	**Toluene**	**TPH Aliphatic C5-6**	**TPH Aliphatic C6-8**	**TPH Aliphatic C8-10**	**TPH Aliphatic C10-12**	**TPH Aliphatic C12-16**	**TPH Aromatic C7-8**	**TPH Aromatic C8-10**	**TPH Aromatic C10-12**	**TPH Aromatic C12-16**	**Xylenes (total)**
Inhalation Slope Factor	1/(mg/kg-day)	2,73E-02	8,75E-03	0,119	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inhalation Reference Dose	mg/kg-day	8,57E-03	0,286	8,57E-04	1,43	5,26	5,26	0,29	0,29	0,29	0,11	5,70E-02	5,70E-02	5,70E-02	2,86E-02

Exposure Point Concentrations for Modeled Media
Obtained from Fate and Transport Output

For carcinogenic risk, concentrations are averaged over the exposure duration (ED).
For non-carcinogenic risk, concentrations are averaged over the minimum of 7 years or the ED.

Modeled Concentrations for Indoor Air
Exposure Point Concentration for Carcinogens

Receptor Description	**Exposure Duration yr**	**Benzene mg/m3**	**Ethylbenzene mg/m3**	**Naphthalene mg/m3**	**Toluene mg/m3**	**TPH Aliphatic C5-6 mg/m3**	**TPH Aliphatic C6-8 mg/m3**	**TPH Aliphatic C8-10 mg/m3**	**TPH Aliphatic C10-12 mg/m3**	**TPH Aliphatic C12-16 mg/m3**	**TPH Aromatic C7-8 mg/m3**	**TPH Aromatic C8-10 mg/m3**	**TPH Aromatic C10-12 mg/m3**	**TPH Aromatic C12-16 mg/m3**	**Xylenes (total) mg/m3**
Carcinogens															
Worker - Upper Percentile	2,50E+01	8,11E-04	2,58E-04	6,68E-05	2,83E-03	5,45E-03	1,28E-02	2,21E-02	8,17E-02	1,28E-02	2,98E-03	3,75E-03	1,79E-03	1,79E-03	2,32E-03

Modeled Concentrations for Indoor Air
Exposure Point Concentration for Non-Carcinogens

Receptor Description	**Exposure Duration yr**	**Benzene mg/m3**	**Ethylbenzene mg/m3**	**Naphthalene mg/m3**	**Toluene mg/m3**	**TPH Aliphatic C5-6 mg/m3**	**TPH Aliphatic C6-8 mg/m3**	**TPH Aliphatic C8-10 mg/m3**	**TPH Aliphatic C10-12 mg/m3**	**TPH Aliphatic C12-16 mg/m3**	**TPH Aromatic C7-8 mg/m3**	**TPH Aromatic C8-10 mg/m3**	**TPH Aromatic C10-12 mg/m3**	**TPH Aromatic C12-16 mg/m3**	**Xylenes (total) mg/m3**
Non-Carcinogens															
Worker - Upper Percentile	7,00E+00	8,03E-04	2,56E-04	6,61E-05	2,80E-03	5,39E-03	1,26E-02	2,19E-02	8,09E-02	1,26E-02	2,95E-03	3,71E-03	1,77E-03	1,77E-03	2,30E-03

ESCENARIO TRABAJADOR DE LA CONSTRUCCIÓN DENTRO DEL SITIO EN LABORES DE SUPERVISIÓN - Inhalación en espacios interiores

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:
Worker - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Benzene	5,8E-07	**5,8E-07**
Ethylbenzene	5,9E-08	**5,9E-08**
Naphthalene	2,1E-07	**2,1E-07**
Toluene	ND	**ND**
TPH Aliphatic C5-6	ND	**ND**
TPH Aliphatic C6-8	ND	**ND**
TPH Aliphatic C8-10	ND	**ND**
TPH Aliphatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aliphatic C12-16	ND	**ND**
TPH Aromatic C7-8	ND	**ND**
TPH Aromatic C8-10	ND	**ND**
TPH Aromatic C10-12	ND	**ND**
TPH Aromatic C12-16	ND	**ND**
Xylenes (total)	ND	**ND**
TOTAL	**8,5E-07**	**8,5E-07**

ESCENARIO TRABAJADOR DE LA CONSTRUCCIÓN DENTRO DEL SITIO EN LABORES DE SUPERVISIÓN - Inhalación en espacios interiores

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:
Worker - Upper Percentile

Chemical	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Benzene	6,9E-03	**6,9E-03**
Ethylbenzene	6,6E-05	**6,6E-05**
Naphthalene	5,6E-03	**5,6E-03**
Toluene	1,4E-04	**1,4E-04**
TPH Aliphatic C5-6	7,5E-05	**7,5E-05**
TPH Aliphatic C6-8	1,8E-04	**1,8E-04**
TPH Aliphatic C8-10	5,5E-03	**5,5E-03**
TPH Aliphatic C10-12	2,0E-02	**2,0E-02**
TPH Aliphatic C12-16	3,2E-03	**3,2E-03**
TPH Aromatic C7-8	2,0E-03	**2,0E-03**
TPH Aromatic C8-10	4,8E-03	**4,8E-03**
TPH Aromatic C10-12	2,3E-03	**2,3E-03**
TPH Aromatic C12-16	2,3E-03	**2,3E-03**
Xylenes (total)	5,9E-03	**5,9E-03**
TOTAL	**5,9E-02**	**5,9E-02**

Planilla de Traducción APENDICE B Datos de entrada y de salida de las simulaciones con el programa RISC5	
2-Chlorophenol	2-clorofenol o 2-monoclorofenol
Absorption Adjustment Factor for Inhalation	Factor de ajuste de absorción para inhalación
Absorption Adjustment Factors	Factores de ajuste de absorción
Adult Resident - RME (reasonable maximum exposure)	Residente adulto - máxima exposición razonable
Adult Resident - Upper Percentil	Residente adulto - percentil mayor
Air content	Contenido de aire
Aldrin	Aldrin
alpha-BHC	Alfa-hexaclorociclohexano, Alfa-BHC o Alfa-HCH
alpha-BHC	Beta-hexaclorociclohexano, Beta-BHC o Beta-HCH
Average concentration (over exposure duration)	Concentración promedio (respecto de duración de exposición)
Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years	Promediado respecto de 7 años o duración de exposición, si es menor que 7 años
Averaging time for carcinogens	Tiempo promedio para cancerígenos
Benze(a)anthracene	Benzo(a)antraceno
Benzene	Benceno
Benzo(a)pyrene	Benzo(a)pireno
Benzo(a)pyrene	Benzo(a)pireno
Benzo(g,h,i)perylene	Benzo(g,h,i)perileno
Benzo(k)fluoranthene	Benzo(k)fluoranteno
Bioattenuation factor	Factor de bioatenuación
Body weight	Peso corporal
Building Parameters	Parámetros de construcción
CADD (carcinogen average daily dose)	Dosis diaria cancerígena promedio
Cancer risk	Riesgo de cáncer
Capillary Fringe	Franja capilar
Carcinogens	Cancerígenos
Case	Caso
Chemical data for	Datos químicos para
Chemical Properties	Propiedades químicas
Chemicals	Compuestos químicos
Child Resident - RME (reasonable maximum exposure)	Residente niño - máxima exposición razonable

Planilla de Traducción APENDICE B Datos de entrada y de salida de las simulaciones con el programa RISC5	
Child Resident - Upper Percentil	Residente niño - percentil mayor
Chromium VI	Cromo VI o Cr VI
Concentration	Concentración
Concentration in Outdoor Air	Concentración en aire de espacios abiertos
Concentration in Sediment	Concentración en sedimento
Concentration used to calculate hazard index	Concentración utilizada para calcular el índice de peligro
Concentrations in Surface Soil	Concentraciones en superficie de suelo
Concentrations in Surface Water	Concentraciones en agua superficial
Construction worker dermal contact ingestion of soil	Trabajador de la construcción, contacto dermal, ingestión de suelo
Construction worker dermal contact ingestion of soil TPH	Trabajador de la construcción, contacto dermal, ingestión de suelo hidrocarburos totales de petróleo
COPEC forward risk assessment with soil gas	COPEC cálculo de riesgo hacia adelante con gas de suelo
Copper	Cobre
Daily doses and Risk for	Dosis diaria y riesgo para
Date	Fecha
DDT	Dicloro difenil tricloroetano o DDT
Depth to top of contamination	Profundidad hasta la parte superior de la contaminación
Depth to top of source	Profundidad hasta la parte superior de la fuente
Dermal Contact with Sediment	Contacto dermal con sedimento
Dermal Contact with Soil	Contacto dermal con suelo
Dermal Contact with soil at the beach screening of TPH conservative fraction	Contacto dermal con suelo en la playa, evaluación de fracción conservadora de hidrocarburos totales de petróleo
Dermal Contact with Surface Water	Contacto dermal con agua superficial
Dermal Contact with Water at the beach	Contacto dermal con agua en la playa
Dermal Permeability Coefficient	Coeficiente de permeabilidad dermal
Description	Descripción
Dieldrin	Dieldrin
Diffusion and convection considered	Difusión y convección consideradas
Diffusion coefficient in air	Coeficiente de difusión en aire
Diffusion coefficient in water	Coeficiente de difusión en agua

Planilla de Traducción APENDICE B Datos de entrada y de salida de las simulaciones con el programa RISC5	
Diffusion only case	Caso sólo difusión
Dissolved Source for Groundwater Model	Fuente disuelta para el modelo de agua subterránea
Distance from groundwater to building	Distancia desde el agua subterránea a la construcción
Distance from source to building	Distancia de la fuente a la construcción
Distance from source to surface	Distancia de fuente a la superficie
Enclosed space floor length	Espacio interior piso longitud
Enclosed space floor width	Espacio interior piso ancho
Enclosed space height	Espacio interior piso altura
Ethylbenzene	Etilbenceno
Exp. Duration Outdoor Air (yr)	Duración de exposición a aire en espacios abiertos
Exp. Freq. Outdoor Air (events/yr)	Frecuencia de exposición a aire en espacios abiertos (eventos/años)
Exposure duration	Duración de la exposición
Exposure frequency for indoor air	Frecuencia de exposición a aire en espacios interiores
Exposure frequency for soil	Frecuencia de exposición para suelo
Exposure frequency for surface water/sediment	Frecuencia de exposición al agua superficial/sedimento
Exposure Parameters	Parámetros de exposición
Exposure Pathway	Vía de exposición
Exposure Point Concentrations for Carcinogens	Concentraciones en el punto de exposición para cancerígenos
Exposure Point Concentrations for Modeled Media	Concentraciones en el punto de exposición para la matriz modelada
Exposure Point Concentrations for Non-Carcinogens	Concentraciones en el punto de exposición para no-cancerígenos
For carcinogenic risk, concentrations are averaged over the exposure duration (ED)	Para riesgo cancerígeno, las concentraciones se promedian sobre la duración de la exposición (ED)
For non-carcinogenic risk, concentrations are averaged over the minimum of 7 years or the ED	Para riesgo no-cancerígeno, las concentraciones se promedian sobre un minimo de 7 años o la duración de la exposición (ED)
Foundation thickness	Espesor de la fundación
Fraction of cracks	Fracción de grietas
Fraction organic carbon	Fracción de carbono orgánico

Planilla de Traducción APENDICE B Datos de entrada y de salida de las simulaciones con el programa RISC5	
gamma-BHC	Gama-hexaclorociclohexano, Gama-BHC o Gama-HCH
Height of box (breathing zone)	Altura del espacio (zona de respiración)
Henry's Law coefficient	Coeficiente de Ley de Henry
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	Indeno(1,2,3-cd)pireno
Ingestion of soil	Ingestión de suelo
Ingestion rate for soil	Tasa de ingestión para suelo
Ingestion Reference Dose	Dosis de referencia para ingestión
Ingestion Slope Factor	Factor de pendiente para ingestion
Inhalation indoors from soil gas – Supervisor worker	Inhalación en espacios interiores desde el gas de suelo – Trabajador supervisor
Inhalation of Indoor Air	Inhalación de aire en espacios interiores
Inhalation outdoor air	Inhalación de aire en espacios abiertos
Inhalation outdoors recreation at the beach	Inhalación en espacios abiertos, recreación en la playa
Inhalation rate	Tasa de inhalación
Inhalation rate indoors	Tasa de inhalación en espacios interiores
Inhalation Reference Dose	Dosis de referencia para inhalación
Inhalation Slope Factor	Factor de pendiente para inhalación
Johnson and Ettinger Indoor air model	Modelo de aire de Johnson y Ettinger para espacios interiores
Johnson and Ettinger Indoor air model with volatile emissions from soil gas	Modelo de aire de Johnson y Ettinger para espacios abiertos con emisiones de volátiles desde el gas de suelo
Kd (total soil partition coefficient)	Kd (coeficiente de partición de suelo total)
KOC (organiChem carbon partition coefficient	KOC (coeficiente de partición de carbono OrganiChem)
LADD (lifetime average daily dose)	Dosis diaria promedio del tiempo de vida
Lateral intrusion into buildings from streets, commercial scenario	Intrusión lateral para ingreso a una construcción desde las calles, escenario comercial
Lateral intrusion into buildings from streets, forward risk from soil gas	Intrusión lateral para ingreso a una construcción desde las calles, riesgo hacia adelante respecto del gas de suelo
Lateral intrusion into buildings from streets, garage scenario	Intrusión lateral para ingreso a una construcción desde las calles, escenario subterráneo
Lead	Plomo
Length of box	Longitud del espacio

Planilla de Traducción APENDICE B Datos de entrada y de salida de las simulaciones con el programa RISC5	
Length of source	Largo de la fuente
Lens not used	Lente de baja permeabilidad no utilizado
Lifetime (years)	Tiempo de vida (años)
Lifetime and body weight	Tiempo de vida y peso corporal
Lung Retention Factor	Factor de retención pulmonar
Media concentrations	Concentraciones en la matriz
Model Description	Descripción del modelo
Modeled Concentrations for Indoor Air	Concentraciones modeladas para aire en espacios interiores
Molecular weight	Peso molecular
Naphthalene	Naftaleno
ND	No determinado
Non-Carcinogens	No-Cancerígenos
NOTE: A zero hazard index may indicate that a RfD (reference dose) was not entered for that chemical.	Nota: un índice de peligro igual a cero puede indicar que no se ingresó un valor de RfD (dosis de referencia) para dicho compuesto.
Number of air changes per hour	Tasa de intercambio de aire por hora
Obtained from Fate and Transport Output	Obtenido del Resultado de Destino y Transporte
Outdoor air parameters	Parámetros de aire en espacios exteriores
Page	Página
PCB (Aroclor 1254)	Bifenilos policlorados, PCB (Aroclor 1254)
Pentachlorophenol	Pentaclorofenol
Phenanthrene	Fenantreno
Porosity in cracks	Porosidad en grietas
Qsoil (soil gas flux into building)	Qsuelo (flujo de gas de suelo que ingresa a la construcción)
Qsoil in m^3/hr	Qsuelo en m^3/hora
Receptor Description	Descripción del receptor
Receptors	Receptores
Risk for current workers Faja de Playa and Petrobras	Riesgo para trabajadores actuales en Faja de Playa y Petrobras
Risk results ARE NOT added for carcinogens	Resultados de riesgo no son sumados para cancerígenos
Routes	Rutas
Saturated zone model (dissolved phase source)	Modelo de zona saturada (fuente en fase disuelta)

Planilla de Traducción APENDICE B Datos de entrada y de salida de las simulaciones con el programa RISC5	
Scenario(s)	Escenario(s)
Sediment/skin adherence factor	Factor de adherencia sedimento/piel
Simulation time (years)	Tiempo de simulación (años)
Skin surface area exposed to sediment	Área de superficie de piel expuesta al sedimento
Skin surface area exposed to soil	Área de superficie de piel expuesta al suelo
Skin surface area exposed to surface water	Área de superficie de piel expuesta al agua superficial
Slope Factors and Reference Doses	Factor de pendiente y Dosis de referencia
Soil bulk density	Densidad aparente del suelo
Soil Gas Source Concentration for Vapor Model	Concentración de fuente de gas de suelo para el modelo de vapor
Soil Gas Source Concentration for Vapor Model	Concentración de gas de suelo en la fuente para modelo de vapor
Soil/skin adherence factor	Factor de adherencia suelo/piel
Solubility	Solubilidad
Source concentrations	Concentraciones de la fuente
Source concentrations for outdoor air model	Concentraciones de la fuente para modelo de aire en espacios abiertos
Source media: Groundwater (dissolved phase concentration)	Fuente: Agua subterránea (concentración de fase disuelta)
Source media: Soil Gas	Fuente: gas de suelo
Source media: Unsaturated zone soil beneath a building	Fuente: suelo de zona no saturada bajo un edificio
SSCLs for soil residential – deltaP=0 source distance 1 cm	SSCLs (niveles de remediación específicos para el sitio) para suelo residencial – diferencia de presión = 0, distancia de fuente 1 cm
SSTL for groundwater @ 5 mbgl – residential scenario	SSTL (niveles de remediación específicos para el sitio) para agua subterránea a 5 metros bajo el nivel del suelo – escenario residencial
Streets	Calles
Styrene	Estireno
Summary of carcinenogenic risk For Soil Gas Source	Resumen de riesgo cancerígeno para fuente de gas de suelo
Summary of Hazard Quotients	Resumen de cocientes de riesgo
Summary of hazard quotients For Soil Gas Source	Resumen de cocientes de peligro para fuente de gas de suelo
Summary of Input Data for Risk Calculation	Resumen de datos de entrada para cálculo de riesgo

Planilla de Traducción APENDICE B Datos de entrada y de salida de las simulaciones con el programa RISC5	
Summary of Input Values in Fate and Transport Model	Resumen de valores de entrada en modelo de destino y transporte
Summary of input parameters	Resumen de parámetros de entrada
Summary of results	Resumen de resultados
Thickness of contamination	Espesor de contaminación
Thickness of the capillary fringe	Espesor de la franja capilar
Time indoors	Tiempo en espacios interiores
Time outdoors (hours/day)	Tiempo en espacios abiertos (horas/día)
Time spent swimming or in contact with surface water	Tiempo dedicado a nadar o en contacto con agua superficial
Toluene	Tolueno
Total porosity	Porosidad total
TPH Aliphatic	Hidrocarburos totales de petróleo, TPH alifático
TPH Aromatic	Hidrocarburos totales de petróleo, TPH aromático
Units	Unidad
Unsaturated Zone Properties Beneath Building	Propiedades de la zona no saturada bajo la construcción
Unsaturated Zone Properties for Vapor Model	Propiedades de zona no saturada para modelo de vapor
Unsaturated Zone Soil Source	Fuente de suelo de zona no saturada
Unsaturated Zone Soil Source for Vapor Model	Fuente de suelo de zona no saturada para modelo de vapor
Unsatured Zone Properties for Vapor Model	Propiedades de zona no saturada para modelo de vapor
Used to calculate carcinogenic risk	Utilizado para calcular riesgo cancerígeno
Used to calculate risk and hazard index	Utilizado para calcular el riesgo y el índice de peligro
Vanadium	Vanadio
Vapor pressure	Presión de vapor
Volatilization from soil gas source to indoor air (onsite)	Volatilización de la fuente de gas del suelo al aire de espacios interiores (en terreno)
Volatilization from unsaturated soil source to indoor air (onsite)	Volatilización desde la fuente de suelo no saturado a aire en espacios interiores (en terreno)
Volume of building	Volumen de construcción
Water content	Contenido de agua
Water content in cracks	Contenido de agua en grietas

Planilla de Traducción APENDICE B Datos de entrada y de salida de las simulaciones con el programa RISC5	
Width of source	Ancho de la fuente
Wind speed	Velocidad del viento
Worker	Trabajador
Worker - mean	Trabajador - promedio
Worker – Upper Percentile	Trabajador - percentil mayor
Xylenes (total)	Xilenos (total)

APENDICE C

RESUMEN DE LOS DATOS QUIMICOS Y TOXICOLOGIOS

Base de Datos de Parámetros Químicos y Referencias

Parámetro	Unidades	Aldrin	Referencia	alpha-BHC	Referencia	Benz(a)antraceno	Referencia	Benzeno	Referencia
Número CAS	**-**	**309-00-2**		**319-84-6**		**56-55-3**		**71-43-2**	
Peso molecular	g/mol	364,92		290,83		228		78	
Solubilidad	mg/L	0,18	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	2		0,0094	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	1750	USEPA Soil Screening Guidance (1996)
Constante de Ley de Henry	-	0,00687	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,00021		0,000137	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,228	USEPA Soil Screening Guidance (1996)
Koc (ND para orgánicos)	ml/g	2450000	USEPA Soil Screening Guidance (1996)-1	2810		398000	USEPA Soil Screening Guidance (1996)-1	58,9	USEPA Soil Screening Guidance (1996)-2
Kd (Coeficiente de partición del suelo.)	ml/g	ND	NA	ND	NA	ND	NA	ND	NA
log Kow --coeficiente de partición octanol/agua	L/kg	6,5	Howard and Meylan (1997)			5,7	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	2,13	USEPA Soil Screening Guidance (1996)
Coeficiente de difusión en el aire	cm2/s	0,0132	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,0433		0,051	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,088	USEPA Soil Screening Guidance (1996)
Coeficiente de difución en el agua	cm2/s	4,86E-06	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	5,06E-06		9,00E-06	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	9,80E-06	USEPA Soil Screening Guidance (1996)
Tasa de degradación	1/day	0,693	Howard et al.			0,00051		0,00096	Howard et al.
Factor Uptake para plantas	(mg/kg)/(mg/kg)	Use Kow		Use Kow		Use Kow		Use Kow	
Slope factor oral	1/(mg/kg-d)	17	IRIS (May 2010)	6,3		0,73	RSLs: Environmental Criteria and Assessment Office	0,055	IRIS (May 2010)
Unit Risk para inhalación (IUR)	per ug/m3	0,0049	IRIS (May 2010)	ND		0,00011	RSLs: Cal EPA	7,80E-06	IRIS (May 2010)
Slope factor inhalation	1/(mg/kg-d)	17,15	Calculated from IUR	6,3		0,385	Calculated from IUR	0,0273	Calculated from IUR
Dosis de referencia (RfD) oral	mg/kg-d	3,00E-05	IRIS (May 2010)	0,008		ND		0,004	IRIS (May 2010)
Concentración de referencia (RfC)	mg/m3	ND		ND		ND		0,03	IRIS (May 2010)
Dosis de referencia (RfD) inhalación	mg/kg-d	ND		ND		ND		0,008571429	Calculated from RfC
Factor de absorción Gastro-intestinal	-	1		1		1		1	
Factor de absorción dermal	-	0,1	RSLs	0,04		0,13	RSLs	1	
Coeficiente de permeabilidad de la piel (agua)	cm/hr	0,00014	USEPA RAGS Part E: dermal assessment			0,81		0,021	
USEPA MCL (Maximo nivel de contaminación)	mg/l	ND		ND		ND		0,005	USEPA MCL

Notas:
ND = No existe dato
NA = No Aplica (por propiedades fisicoquímicas, por ejemplo Coeficiente de Ley de Henry para metales
NA = No evaluado (por parámetros toxicológicos)
TPHCGW= Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group

Base de Datos de Parámetros Químicos y Referencias

Parámetro	Unidades	Benzo(a)pireno	Referencia	Benzo(g,h,I)perileno	Referencia	Benzo(k)fluoranteno	Referencia	beta-BHC	Referencia
Número CAS	-	50-32-8		191-24-2		207-08-9		319-85-7	
Peso molecular	g/mol	252,3		276,3		252,3		209,83	
Solubilidad	mg/L	0,00162	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,00026	Howard and Meylan (1997)	0,0008	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,24	
Constante de Ley de Henry	-	4,63E-05	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	6,58E-05	Howard and Meylan (1997)	3,40E-05	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,00021	
Koc (ND para orgánicos)	ml/g	1020000	USEPA Soil Screening Guidance (1996)-1	7760000		1230000	USEPA Soil Screening Guidance (1996)-1	2810	
Kd (Coeficiente de partición del suelo.)	ml/g	ND	NA	ND	NA	ND	NA	ND	NA
log Kow --coeficiente de partición octanol/agua	L/kg	6,11	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	6,63	Howard and Meylan (1997)	6,2	USEPA Soil Screening Guidance (1996)		
Coeficiente de difusión en el aire	cm2/s	0,043	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,049	TPHCGW. (1997)	0,0226	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,0277	
Coeficiente de difución en el agua	cm2/s	9,00E-06	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	5,56E-06	TPHCGW. (1997)	5,56E-06	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	7,40E-06	
Tasa de degradación	1/day	0,000654		0,00053		0,000162			
Factor Uptake para plantas	(mg/kg)/(mg/kg)	Use Kow		Use Kow		Use Kow		Use Kow	
Slope factor oral	1/(mg/kg-d)	7,3	IRIS (May 2010)	ND		0,073	RSLs: Environmental Criteria and Assessment Office	1,86	
Unit Risk para inhalación (IUR)	per ug/m3	0,0011	RSLs: Cal EPA	ND		0,00011	RSLs: Cal EPA	ND	
Slope factor inhalation	1/(mg/kg-d)	3,85	Calculated from IUR	ND		0,385	Calculated from IUR	1,86	
Dosis de referencia (RfD) oral	mg/kg-d	ND		ND		ND		0,06	
Concentración de referencia (RfC)	mg/m3	ND		ND		ND		ND	
Dosis de referencia (RfD) inhalación	mg/kg-d	ND		ND		ND		ND	
Factor de absorción Gastro-intestinal	-	1		1		1		1	
Factor de absorción dermal	-	0,13	RSLs	0,13	RSLs	0,13	RSLs	0,04	RSLs
Coeficiente de permeabilidad de la piel (agua)	cm/hr	1,2		1,66		1,1			
USEPA MCL (Maximo nivel de contaminación)	mg/l	0,0002	USEPA MCL	ND		ND		ND	

Notas:
ND = No existe dato
NA = No Aplica (por propiedades fisicoquímicas, por ejemplo Coeficiente de Ley de Henry para metales
NA = No evaluado (por parámetros toxicológicos)
TPHCGW= Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group

Base de Datos de Parámetros Químicos y Referencias

Parámetro	Unidades	Cromo (VI)	Referencia	Cobre	Referencia	DDT (p,p')	Referencia	Dieldrin	Referencia
Número CAS	-	18540299		7440-50-8		50-29-3		60-57-1	
Peso molecular	g/mol	52		63,5		354,49		380,91	
Solubilidad	mg/L	1690000	USEPA RSLs	0	USEPA RSLs	0,025	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,195	USEPA Soil Screening Guidance (1996)
Constante de Ley de Henry	-	0	NA	0	NA	0,000332	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,000619	USEPA Soil Screening Guidance (1996)
Koc (ND para orgánicos)	ml/g	ND	NA	ND	NA	2630000	USEPA Soil Screening Guidance (1996)-1	21400	USEPA Soil Screening Guidance (1996)-2
Kd (Coeficiente de partición del suelo.)	ml/g	19	USEPA Soil Screening Guidance (1996): pH = 6.8	29		ND		ND	
log Kow --coeficiente de partición octanol/agua	L/kg	NA	NA	NA	NA	6,53	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	5,37	USEPA Soil Screening Guidance (1996)
Coeficiente de difusión en el aire	cm2/s	ND	NA	ND	NA	0,0137	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,0125	USEPA Soil Screening Guidance (1996)
Coeficiente de difución en el agua	cm2/s	ND	NA	ND	NA	4,95E-06	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	4,74E-06	USEPA Soil Screening Guidance (1996)
Tasa de degradación	1/day	ND		ND		6,20E-05	Howard et al.	0,00032	Howard et al.
Factor Uptake para plantas	(mg/kg)/(mg/kg)	0,0839	90th percentile value of bioaccumulation regression model. Bechtel Jacobs (1998b) (assumed to equal value for Chromium)	0,4	Baes	Use Kow		Use Kow	
Slope factor oral	1/(mg/kg-d)	0,5	RSLs: New Jersey	ND		0,34	IRIS (May 2010)	16	IRIS (May 2010)
Unit Risk para inhalación (IUR)	per ug/m3	0,084	IRIS (May 2010)	ND		9,70E-05	RSLs: Cal EPA	0,0046	IRIS (May 2010)
Slope factor inhalation	1/(mg/kg-d)	294	Calculated from IUR	ND		0,3395	Calculated from IUR	16,1	Calculated from IUR
Dosis de referencia (RfD) oral	mg/kg-d	0,003	IRIS (May 2010)	0,04	HEAST	0,0005	IRIS (May 2010)	5,00E-05	IRIS (May 2010)
Concentración de referencia (RfC)	mg/m3	0,0001	IRIS (May 2010)	NA	IRIS (May 2010)	ND		ND	
Dosis de referencia (RfD) inhalación	mg/kg-d	2,86E-05	Calculated from RfC	NA		ND		ND	
Factor de absorción Gastro-intestinal	-	0,025	RSLs	1		1		1	
Factor de absorción dermal	-	1		1		0,03	RSLs	0,1	RSLs
Coeficiente de permeabilidad de la piel (agua)	cm/hr	0,0013		0,001		0,27	USEPA RAGS Part E: dermal assessment	0,012	USEPA RAGS Part E: dermal assessment
USEPA MCL (Maximo nivel de contaminación)	mg/l	0,1	USEPA MCL (for total chromium)	1,3	USEPA MCL (Treatment technique, action level = 1.3 mg/L)	ND		ND	

Notas:
ND = No existe dato
NA = No Aplica (por propiedades fisicoquímicas, por ejemplo Coeficiente de Ley de Henry para metales
NA = No evaluado (por parámetros toxicológicos)
TPHCGW= Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group

Base de Datos de Parámetros Químicos y Referencias

Parámetro	Unidades	Endrin	Referencia	Etilbenceno	Referencia	Indeno(1,2,3-cd)pireno	Referencia
Número CAS	-	72-20-8		100-41-4		193-39-5	
Peso molecular	g/mol	380,91		106,2		276,3	
Solubilidad	mg/L	0,25	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	169	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	2,20E-05	USEPA Soil Screening Guidance (1996)
Constante de Ley de Henry	-	0,000308	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,323	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	6,56E-05	USEPA Soil Screening Guidance (1996)
Koc (ND para orgánicos)	ml/g	12300	USEPA Soil Screening Guidance (1996)-2	363	USEPA Soil Screening Guidance (1996)-2	3470000	USEPA Soil Screening Guidance (1996)
Kd (Coeficiente de partición del suelo.)	ml/g	ND		ND		ND	
log Kow --coeficiente de partición octanol/agua	L/kg	5,06	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	3,14	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	6,65	USEPA Soil Screening Guidance (1996)
Coeficiente de difusión en el aire	cm2/s	0,0125	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,075	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,019	USEPA Soil Screening Guidance (1996)
Coeficiente de difución en el agua	cm2/s	4,74E-06	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	7,80E-06	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	5,66E-06	USEPA Soil Screening Guidance (1996)
Tasa de degradación	1/day	ND		0,003	Howard et al.	0,000475	
Factor Uptake para plantas	(mg/kg)/(mg/kg)	Use Kow		Use Kow		Use Kow	
Slope factor oral	1/(mg/kg-d)	ND		0,011	RSLs: Cal EPA	0,73	RSLs: Environmental Criteria and Assessment Office
Unit Risk para inhalación (IUR)	per ug/m3	ND		2,50E-06	RSLs: Cal EPA	0,00011	RSLs: Cal EPA
Slope factor inhalation	1/(mg/kg-d)	ND		0,00875	Calculated from IUR	0,385	Calculated from IUR
Dosis de referencia (RfD) oral	mg/kg-d	0,0003	IRIS (May 2010)	0,1	IRIS (May 2010)	ND	
Concentración de referencia (RfC)	mg/m3	NA		1	IRIS (May 2010)	ND	
Dosis de referencia (RfD) inhalación	mg/kg-d	ND		0,285714286	Calculated from RfC	ND	
Factor de absorción Gastro-intestinal	-	1		1		1	
Factor de absorción dermal	-	0,1	RSLs	1		0,13	RSLs
Coeficiente de permeabilidad de la piel (agua)	cm/hr	0,012	USEPA RAGS Part E: dermal assessment	0,074		1,9	
USEPA MCL (Maximo nivel de contaminación)	mg/l	0,002	USEPA MCL	0,7	USEPA MCL	ND	

Notas:
ND = No existe dato
NA = No Aplica (por propiedades fisicoquímicas, por ejemplo Coeficiente de Ley de Henry para metales
NA = No evaluado (por parámetros toxicológicos)
TPHCGW= Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group

Base de Datos de Parámetros Químicos y Referencias

Parámetro	Unidades	Plomo	Referencia	Naphthaleno	Referencia	PCBs (Aroclor 1254)	Referencia
Número CAS	-	7439-92-1		91-20-3		11097-69-1	
Peso molecular	g/mol	82		128,2		225,1	
Solubilidad	mg/L	0	USEPA RSLs	31	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,043	USEPA RSLs
Constante de Ley de Henry	-	0	NA	0,0198	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,012	USEPA RSLs
Koc (ND para orgánicos)	ml/g	ND	NA	2000	USEPA Soil Screening Guidance (1996)-1	309000	USEPA Soil Screening Guidance (1996)-1
Kd (Coeficiente de partición del suelo.)	ml/g	45		ND		ND	
log Kow --coeficiente de partición octanol/agua	L/kg	NA	NA	3,36	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	5,69	ND
Coeficiente de difusión en el aire	cm2/s	ND	ND	0,059	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,104	ND
Coeficiente de difución en el agua	cm2/s	ND	ND	7,50E-06	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	1,00E-05	ND
Tasa de degradación	1/day	ND		0,00269		ND	ND
Factor Uptake para plantas	(mg/kg)/(mg/kg)	Use Kow		Use Kow		Use Kow	
Slope factor oral	1/(mg/kg-d)	ND		ND		2	IRIS (May 2010)
Unit Risk para inhalación (IUR)	per ug/m3	ND		3,40E-05	RSLs: Cal EPA	0,00057	IRIS (May 2010)
Slope factor inhalation	1/(mg/kg-d)	ND		0,119	Calculated from IUR	1,995	Calculated from IUR
Dosis de referencia (RfD) oral	mg/kg-d	0,0036	RIVM	0,02	IRIS (May 2010) from water	2,00E-05	IRIS (May 2010) from water
Concentración de referencia (RfC)	mg/m3	ND		0,003	IRIS (May 2010) from water	ND	
Dosis de referencia (RfD) inhalación	mg/kg-d	ND		0,000857143	Calculated from RfC	ND	
Factor de absorción Gastro-intestinal	-	1		1		1	
Factor de absorción dermal	-	0,01	RSLs	0,13	RSLs	0,14	RSLs
Coeficiente de permeabilidad de la piel (agua)	cm/hr	ND		0,069		1,3	
USEPA MCL (Maximo nivel de contaminación)	mg/l	0,015	USEPA MCL (Treatment technique, action level = 0.015 mg/L)	ND		0,0005	USEPA MCL (for all PCBs)

Notas:
ND = No existe dato
NA = No Aplica (por propiedades fisicoquímicas, por ejemplo Coeficiente de Ley de Henry para metales
NA = No evaluado (por parámetros toxicológicos)
TPHCGW= Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group

Base de Datos de Parámetros Químicos y Referencias

Parámetro	Unidades	Pentachlorofenol	Referencia	Fenantreno	Referencia	Tolueno	Referencia	TPH Alifático C5-6	Referencia
Número CAS	-	87-86-5		85-01-8		108-88-3		TPH	
Peso molecular	g/mol	266,34		178,2		92,1		81	
Solubilidad	mg/L	1950	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	1,15	Howard and Meylan (1997)	526	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	36	TPHCGW. (1997)
Constante de Ley de Henry	-	1,00E-06	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,00148	Howard and Meylan (1997)	0,272	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	34	TPHCGW. (1997)
Koc (ND para orgánicos)	ml/g	592	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	22900	ND	182	USEPA Soil Screening Guidance (1996)-2	794	TPHCGW. (1997)
Kd (Coeficiente de partición del suelo.)	ml/g	ND		ND		ND	NA	ND	NA
log Kow --coeficiente de partición octanol/agua	L/kg	5,09	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	4,46	Howard and Meylan (1997)	2,75	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	3,332773124	Calculated from: =4.5-0.75*LOG(Koc)
Coeficiente de difusión en el aire	cm2/s	0,056	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,0517	ND	0,087	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	0,1	TPHCGW. (1997)
Coeficiente de difución en el agua	cm2/s	6,10E-06	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	5,90E-06	ND	8,60E-06	USEPA Soil Screening Guidance (1996)	1,00E-05	TPHCGW. (1997)
Tasa de degradación	1/day	0,000456	Howard et al.	0,002	ND	0,025	Howard et al.	ND	ND
Factor Uptake para plantas	(mg/kg)/(mg/kg)	Use Kow		Use Kow		Use Kow		Use Kow	
Slope factor oral	1/(mg/kg-d)	0,12	IRIS (May 2010)	ND		ND		ND	
Unit Risk para inhalación (IUR)	per ug/m3	5,10E-06	RSLs: Cal EPA	ND		ND		ND	
Slope factor inhalation	1/(mg/kg-d)	0,01785	Calculated from IUR	ND		ND		ND	
Dosis de referencia (RfD) oral	mg/kg-d	0,03	IRIS (May 2010) from water	ND		0,08	IRIS (May 2010) from water	5	TPHCGW. (1997)
Concentración de referencia (RfC)	mg/m3	ND		ND		5	IRIS (May 2010) from water	18,4	TPHCGW. (1997)
Dosis de referencia (RfD) inhalación	mg/kg-d	ND		ND		1,428571429	Calculated from RfC	5,26	Calculated from RfC (=RfC *20 (m3/d)/70kg) [RfC from TPHCGW
Factor de absorción Gastro-intestinal	-	1		1		1		1	
Factor de absorción dermal	-	0,25	RSLs	0,1		1		1	
Coeficiente de permeabilidad de la piel (agua)	cm/hr	0,39	USEPA RAGS Part E: dermal assessment	0,27		0,045		0,141960957	
USEPA MCL (Maximo nivel de contaminación)	mg/l	0,001	USEPA MCL	ND		1	USEPA MCL	ND	

Notas:
ND = No existe dato
NA = No Aplica (por propiedades fisicoquímicas, por ejemplo Coeficiente de Ley de Henry para metales
NA = No evaluado (por parámetros toxicológicos)
TPHCGW= Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group

Base de Datos de Parámetros Químicos y Referencias

Parámetro	Unidades	TPH Alifático C6-8	Referencia	TPH Alifático C8-10	Referencia	TPH Alifático C10-12	Referencia
Número CAS	-	TPH		TPH		TPH	
Peso molecular	g/mol	100		130		160	
Solubilidad	mg/L	5,4	TPHCGW. (1997)	0,43	TPHCGW. (1997)	0,034	TPHCGW. (1997)
Constante de Ley de Henry	-	51	TPHCGW. (1997)	82	TPHCGW. (1997)	130	TPHCGW. (1997)
Koc (ND para orgánicos)	ml/g	3980	TPHCGW. (1997)	31600	TPHCGW. (1997)	251000	TPHCGW. (1997)
Kd (Coeficiente de partición del suelo.)	ml/g	ND	NA	ND	NA	ND	NA
log Kow --coeficiente de partición octanol/agua	L/kg	3,95070468	Calculated from: =4.5-0.75*LOG(Koc)	4,774898658	Calculated from: =4.5-0.75*LOG(Koc)	5,601390812	Calculated from: =4.5-0.75*LOG(Koc)
Coeficiente de difusión en el aire	cm2/s	0,1	TPHCGW. (1997)	0,1	TPHCGW. (1997)	0,1	TPHCGW. (1997)
Coeficiente de difución en el agua	cm2/s	1,00E-05	TPHCGW. (1997)	1,00E-05	TPHCGW. (1997)	1,00E-05	TPHCGW. (1997)
Tasa de degradación	1/day	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Factor Uptake para plantas	(mg/kg)/(mg/kg)	Use Kow		Use Kow		Use Kow	
Slope factor oral	1/(mg/kg-d)	ND		ND		ND	
Unit Risk para inhalación (IUR)	per ug/m3	ND		ND		ND	
Slope factor inhalation	1/(mg/kg-d)	ND		ND		ND	
Dosis de referencia (RfD) oral	mg/kg-d	5	TPHCGW. (1997)	0,1	TPHCGW. (1997)	0,1	TPHCGW. (1997)
Concentración de referencia (RfC)	mg/m3	18,4	TPHCGW. (1997)	1	TPHCGW. (1997)	1	TPHCGW. (1997)
Dosis de referencia (RfD) inhalación	mg/kg-d	5,26	Calculated from RfC (=RfC *20 (m3/d)/70kg) [RfC from TPHCGW. (1997)]	0,29	Calculated from RfC (=RfC *20 (m3/d)/70kg) [RfC from TPHCGW. (1997)]	0,29	Calculated from RfC (=RfC *20 (m3/d)/70kg) [RfC from TPHCGW. (1997)]
Factor de absorción Gastro-intestinal	-	1		1		1	
Factor de absorción dermal	-	1		1		1	
Coeficiente de permeabilidad de la piel (agua)	cm/hr	0,298538484		0,75366448		1,909798187	
USEPA MCL (Maximo nivel de contaminación)	mg/l	ND		ND		ND	

Notas:
ND = No existe dato
NA = No Aplica (por propiedades fisicoquímicas, por ejemplo Coeficiente de Ley de Henry para metales
NA = No evaluado (por parámetros toxicológicos)
TPHCGW= Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group

Base de Datos de Parámetros Químicos y Referencias

Parámetro	Unidades	TPH Alifático C12-16	Referencia	TPH Alifático C16-35	Referencia	TPH Aromatico C7-8	Referencia
Número CAS	-	TPH		TPH		TPH	
Peso molecular	g/mol	200		270		92	
Solubilidad	mg/L	0,00076	TPHCGW. (1997)	1,30E-06	TPHCGW. (1997)	520	TPHCGW. (1997)
Constante de Ley de Henry	-	540	TPHCGW. (1997)	6400	TPHCGW. (1997)	0,27	TPHCGW. (1997)
Koc (ND para orgánicos)	ml/g	5010000	TPHCGW. (1997)	1000000000	TPHCGW. (1997)	251	TPHCGW. (1997)
Kd (Coeficiente de partición del suelo.)	ml/g	ND	NA	ND	NA	ND	NA
log Kow --coeficiente de partición octanol/agua	L/kg	6,839389806	Calculated from: =4.5-0.75*LOG(Koc)	8,914542486	Calculated from: =4.5-0.75*LOG(Koc)	2,462997492	Calculated from: =4.5-0.75*LOG(Koc)
Coeficiente de difusión en el aire	cm2/s	0,1	TPHCGW. (1997)	0,1	TPHCGW. (1997)	0,1	TPHCGW. (1997)
Coeficiente de difución en el agua	cm2/s	1,00E-05	TPHCGW. (1997)	1,00E-05	TPHCGW. (1997)	1,00E-05	TPHCGW. (1997)
Tasa de degradación	1/day	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Factor Uptake para plantas	(mg/kg)/(mg/kg)	Use Kow		Use Kow		Use Kow	
Slope factor oral	1/(mg/kg-d)	ND		ND		ND	
Unit Risk para inhalación (IUR)	per ug/m3	ND		ND		ND	
Slope factor inhalation	1/(mg/kg-d)	ND		ND		ND	
Dosis de referencia (RfD) oral	mg/kg-d	0,1	TPHCGW. (1997)	2	TPHCGW. (1997)	0,2	TPHCGW. (1997)
Concentración de referencia (RfC)	mg/m3	1	TPHCGW. (1997)	NA	TPHCGW. (1997)	0,4	TPHCGW. (1997)
Dosis de referencia (RfD) inhalación	mg/kg-d	0,29	Calculated from RfC (=RfC *20 (m3/d)/70kg) [RfC from TPHCGW. (1997)]	NA	TPH CWG	0,11	Calculated from RfC (=RfC *20 (m3/d)/70kg) [RfC from TPHCGW. (1997)]
Factor de absorción Gastro-intestinal	-	1		1		1	
Factor de absorción dermal	-	1		1		1	
Coeficiente de permeabilidad de la piel (agua)	cm/hr	8,240750436		91,69067395		0,029344602	
USEPA MCL (Maximo nivel de contaminación)	mg/l	ND		ND		ND	

Notas:
ND = No existe dato
NA = No Aplica (por propiedades fisicoquímicas, por ejemplo Coeficiente de Ley de Henry para metales
NA = No evaluado (por parámetros toxicológicos)
TPHCGW= Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group

Base de Datos de Parámetros Químicos y Referencias

Parámetro	Unidades	TPH Aromatico C8-10	Referencia	TPH Aromatico C10-12	Referencia	TPH Aromatico C12-16	Referencia
Número CAS	-	TPH		TPH		TPH	
Peso molecular	g/mol	120		130		150	
Solubilidad	mg/L	65	TPHCGW. (1997)	25	TPHCGW. (1997)	5,8	TPHCGW. (1997)
Constante de Ley de Henry	-	0,49	TPHCGW. (1997)	0,14	TPHCGW. (1997)	0,054	TPHCGW. (1997)
Koc (ND para orgánicos)	ml/g	1580	TPHCGW. (1997)	2510	TPHCGW. (1997)	5010	TPHCGW. (1997)
Kd (Coeficiente de partición del suelo.)	ml/g	ND	NA	ND	NA	ND	NA
log Kow --coeficiente de partición octanol/agua	L/kg	3,140314983	Calculated from: =4.5-0.75*LOG(Koc)	3,451544993	Calculated from: =4.5-0.75*LOG(Koc)	3,927429005	Calculated from: =4.5-0.75*LOG(Koc)
Coeficiente de difusión en el aire	cm2/s	0,1	TPHCGW. (1997)	0,1	TPHCGW. (1997)	0,1	TPHCGW. (1997)
Coeficiente de difución en el agua	cm2/s	1,00E-05	TPHCGW. (1997)	1,00E-05	TPHCGW. (1997)	1,00E-05	TPHCGW. (1997)
Tasa de degradación	1/day	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Factor Uptake para plantas	(mg/kg)/(mg/kg)	Use Kow		Use Kow		Use Kow	
Slope factor oral	1/(mg/kg-d)	ND		ND		ND	
Unit Risk para inhalación (IUR)	per ug/m3	ND		ND		ND	
Slope factor inhalation	1/(mg/kg-d)	ND		ND		ND	
Dosis de referencia (RfD) oral	mg/kg-d	0,04	TPHCGW. (1997)	0,04	TPHCGW. (1997)	0,04	TPHCGW. (1997)
Concentración de referencia (RfC)	mg/m3	0,2	TPHCGW. (1997)	0,2	TPHCGW. (1997)	0,2	TPHCGW. (1997)
Dosis de referencia (RfD) inhalación	mg/kg-d	0,057	Calculated from RfC (=RfC *20 (m3/d)/70kg) [RfC from TPHCGW. (1997)]	0,057	Calculated from RfC (=RfC *20 (m3/d)/70kg) [RfC from TPHCGW. (1997)]	0,057	Calculated from RfC (=RfC *20 (m3/d)/70kg) [RfC from TPHCGW. (1997)]
Factor de absorción Gastro-intestinal	-	1		1		1	
Factor de absorción dermal	-	1		1		1	
Coeficiente de permeabilidad de la piel (agua)	cm/hr	0,059927152		0,086615765		0,142388395	
USEPA MCL (Maximo nivel de contaminación)	mg/l	ND		ND		ND	

Notas:
ND = No existe dato
NA = No Aplica (por propiedades fisicoquímicas, por ejemplo Coeficiente de Ley de Henry para metales
NA = No evaluado (por parámetros toxicológicos)
TPHCGW= Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group

Base de Datos de Parámetros Químicos y Referencias

Parámetro	Unidades	TPH Aromatico C16-21	Referencia	TPH Aromatico C21-35	Referencia	Vanadio	Referencia	Xilenos (total)	Referencia
Número CAS	-	TPH		TPH		7440-62-2		1330-20-7	
Peso molecular	g/mol	190		240		50,94		106,2	
Solubilidad	mg/L	0,51	TPHCGW. (1997)	0,0066	TPHCGW. (1997)	0	USEPA RSLs	106	USEPA RSLs
Constante de Ley de Henry	-	0,013	TPHCGW. (1997)	0,00068	TPHCGW. (1997)	NA	NA	0,21	USEPA RSLs
Koc (ND para orgánicos)	ml/g	15800	TPHCGW. (1997)	126000	TPHCGW. (1997)	ND	NA	383	USEPA RSLs
Kd (Coeficiente de partición del suelo.)	ml/g	ND	NA	ND	NA	45		ND	NA
log Kow --coeficiente de partición octanol/agua	L/kg	4,719322368	Calculated from: =4.5-0.75*LOG(Koc)	6,135342048	Calculated from: =4.5-0.75*LOG(Koc)	NA		3,2	
Coeficiente de difusión en el aire	cm2/s	0,1	TPHCGW. (1997)	0,1	TPHCGW. (1997)	ND	ND	0,085	USEPA RSLs
Coeficiente de difución en el agua	cm2/s	1,00E-05	TPHCGW. (1997)	1,00E-05	TPHCGW. (1997)	ND	ND	9,90E-06	USEPA RSLs
Tasa de degradación	1/day	ND	ND	ND	ND	ND		0,0019	Howard et al.
Factor Uptake para plantas	(mg/kg)/(mg/kg)	Use Kow		Use Kow		0,0055	Baes	Use Kow	
Slope factor oral	1/(mg/kg-d)	ND		ND		ND		ND	
Unit Risk para inhalación (IUR)	per ug/m3	ND		ND		ND		ND	
Slope factor inhalation	1/(mg/kg-d)	ND		ND		ND		ND	
Dosis de referencia (RfD) oral	mg/kg-d	0,03	TPHCGW. (1997)	0,03	TPHCGW. (1997)	5,00E-03	EPA Region 9	0,2	IRIS (Oct 2010)
Concentración de referencia (RfC)	mg/m3	NA	TPHCGW. (1997)	NA	TPHCGW. (1997)	0,0001	ATSDR (metallic vanadium)	0,1	IRIS (Oct 2010)
Dosis de referencia (RfD) inhalación	mg/kg-d	NA	TPH CWG	NA	TPH CWG	2,86E-05	Calculated from RfC	0,029	Calculated from RfC
Factor de absorción Gastro-intestinal	-	1		1		0,026	RSLs	1	
Factor de absorción dermal	-	1		1		1		1	
Coeficiente de permeabilidad de la piel (agua)	cm/hr	0,296291288		1,486253377		0,001		0,08	
USEPA MCL (Maximo nivel de contaminación)	mg/l	ND		ND		ND		10	USEPA MCL (total xylenos)

Notas:
ND = No existe dato
NA = No Aplica (por propiedades fisicoquímicas, por ejemplo Coeficiente de Ley de Henry para metales
NA = No evaluado (por parámetros toxicológicos)
TPHCGW= Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group

Baes, C.F., Sharp, R.D., Sjoreen, A.L., and Shor, R.W. 1984 A Review and Analysis of Parameters for Assessing Transport of Environmentally Released Radionulides Through Agriculture. Oak Ridge National Lab Report ORNL-5786. September.

Howard and Meylan (1997) = Howard and Meylan, "Physical Properties of Organic Chemicals". If the Referencia is Howard and Meylan (1997) then the temperature for Henry's Law is 25 degrees C unless noted.
Howard et al. = "Handbook of Environmental Degradation Rates" by P.H. Howard, R.S. Boethling, W.F. Jarvis, W.M. Meylan and E.M. Michalenko. 1991 CRC Press LLC.
IRIS = USEPA's Integrated Risk Information System (date is the date the system was accessed)
PRGs = USEPA Region 9's Preliminary Remediation Table (now replaced with USEPA Regional Screening Levels [RSLs]).
Land Recycling Program web page (Pennsylvannia): http://www.dep.state.pa.us/physicalproperties/CPP_Search.htm
RSLs = USEPA's Regional Screening Levels (Created in 2009. Replaced USEPA Region 9's PRGs, USEPA Region 6's HHMSSLs, USEPA Region 3's RBCs.)
SCDM = USEPA's Superfund Chemical Data Matrix (http://www.epa.gov/superfund/sites/npl/hrsres/tools/scdm.htm)
USEPA Soil Screening Guidance (1996) = May 1996. Soil Screening Guidance: Technical Background Document, Office of Solid Waste and Emergency Response, EPA/540/R-95/128.
TPHCWG (Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group). 1997. A Risk-Based Approach for the Management of Total Petroleum Hydrocarbons in Soil.
Howard, P.H. 1989. Handbook of Environmental Fate and Exposure Data For Organic Chemicals (Volumes 1-3), Lewis Publishers, Chelsea, Michigan.
Howard, P.H., and W.M. Meylan. 1997. Handbook of Physical Properties of Organic Chemicals, CRC Press, Boca Raton, FL.
GFM: German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ).

RIVM (Dutch
National Institute
U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Hazardous Waste Treatment, Storage and Disposal Facilities (TSDF) – Air Emission Models. EPA/450/3-87/026.
U.S. Environmental
Protection Agency.
U.S. Environmental
Protection Agency.
U.S. Environmental Protection Agency. May 1996. Soil Screening Guidance: Technical Background Document, Office of Solid Waste and Emergency Response, EPA/540/R-95/128.
U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Hazardous Waste Treatment, Storage and Disposal Facilities (TSDF) – Air Emission Models. EPA/450/3-87/026.
U.S. Environmental Protection Agency. 1990. Basics of Pump-and-Treat Ground-Water Remediation Technology. Office of Research and Development, EPA-600/8-90/003.

GOLDER

golder.com