

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES – ITBA

ESCUELA DE POSTGRADO

**ADECUACIÓN DE UN SITIO AFECTADO POR
TRICLOROETILENO Y OTROS SOLVENTES
CLORADOS:
Caracterización sistemática y remediación
de un pasivo ambiental en la Provincia de
Buenos Aires**

AUTOR: Marshall, Patricio



TUTOR: Wagner Manslau, Alfredo



TESIS PRESENTADA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

BUENOS AIRES

SEGUNDO CUATRIMESTRE, 2020

Índice

I.	Índice de Ilustraciones.....	5
II.	Índice de Tablas	6
1.	Resumen	1
1.	Introducción	3
2.	Objetivo.....	5
3.	Estado de Situación	5
3.1.	El tricloroetileno.....	5
3.2.	Aspectos Técnicos.....	7
3.3.	Marco Normativo	13
3.4.	Evolución del estado de situación durante la ejecución	16
4.	Desarrollo.....	26
4.1.	Introducción del problema	26
4.2.	Etapas del Trabajo	28
4.2.1.	FASE I - Auditoria Fase I - (Dic 2007).....	28
4.2.1.1.	Objetivo, materiales, métodos y resultados.....	30
4.2.2.	FASE II- Estudios de Caracterización Fase II - (Abr 2009 – Feb 2011).....	31
4.2.2.1.	Objetivo.....	34
4.2.2.2.	Materiales y Métodos:	34
4.2.2.3.	Resultados:	37
4.2.2.3.1.	Información Histórica del Sitio	37

4.2.2.3.2.	Geología e Hidrogeología del Sitio	38
4.2.2.3.3.	Características constructivas de los pozos.....	39
4.2.2.3.4.	Resumen de resultados analíticos.....	43
4.2.2.3.5.	Primer Modelo Conceptual del Sitio:.....	45
4.2.2.3.6.	Discusión.....	47
4.2.3.	FASE III - Estudios de caracterización Fase II Complementarios y Estudio de Acciones Correctivas - (Abr 2011 – Oct 2013).....	48
4.2.3.1.	Objetivo.....	49
4.2.3.2.	Materiales y Métodos:	50
4.2.3.2.1.	Identificación de Receptores	50
4.2.3.2.2.	Muestreo Pasivo de Gases.....	51
4.2.3.2.3.	Estudios de suelo y agua	53
4.2.3.2.3.1.	Suelo.....	53
4.2.3.2.3.2.	Agua	53
4.2.3.3.	Resultados:	55
4.2.3.3.1.	Identificación de Receptores para evaluación conceptual de riesgos.....	55
4.2.3.3.2.	Muestreo Pasivo de Gases del Suelo:.....	57
4.2.3.3.3.	Estudios de suelo y agua	60
4.2.3.3.3.1.	Suelo.....	60
4.2.3.3.3.2.	Agua	61
4.2.3.3.4.	Resultados Analíticos.....	63

4.2.4.	FASE III - Selección de Alternativas de Remediación y Plan de Adecuación	67
4.2.4.1.	Sistema de Extracción de Dos Fases por Vacío (E2FV)	71
4.2.4.2.	Sistema de Bombeo y Tratamiento (B&T).....	72
4.2.4.3.	Tratamiento	73
4.2.5.	Diseño del sistema de remediación	74
4.3.	FASE IV- Instalación y Remediación – Resultados de la operación - (Nov 2015 – Jul 2019)	77
4.3.1.	Modificaciones al sistema de remediación.....	80
4.3.2.	Resultados de la remediación	82
4.3.2.1.	Cámara de efluente.....	82
4.3.2.2.	Pozos de monitoreo	83
4.3.2.3.	Interpretación de los Resultados.....	91
4.3.2.3.1.	Pozos freáticos profundos	92
4.3.2.3.2.	Pozos freáticos someros	95
4.3.2.3.3.	Observación General:	99
5.	Conclusiones	100
6.	Referencias	105
7.	Abreviaturas	108
ANEXOS		110
ANEXO A – Vías de degradación del PCE		111
ANEXO B – Plano isofreático		112

ANEXO C – Ubicación de los sondeos de suelo	113
ANEXO D – Diagrama paso a paso para la evaluación de escenarios de exposición	114
ANEXO E – “Screening Matrix” de la “Federal Remediation Technologies Roundtable”	115
ANEXO F – Presentación PowerPoint.....	116

I. Índice de Ilustraciones

Figura 1- Diagrama de flujo del proceso de acción correctiva basada en riesgos [1]	12
Figura 2- Ejemplo del diseño constructivo de un pozo instalado a 17 metros de profundidad.....	40
Figura 3 - Plano de Planta con ubicación de los pozos de monitoreo	42
Figura 4 - Modelo Conceptual del Sitio, vista en planta y corte transversal.....	47
Figura 5 - Viales contiendo módulos de muestro de gases pasivos del suelo	51
Figura 6 - Plano de resultados de iso-masa de TCE en el predio	58
Figura 7 - Plano de resultados de iso-masa de HCC en el predio	59
Figura 8 - Correlación entre perfiles de pozos DP4 y PE.....	62
Figura 9 - Actualización del Modelo Conceptual, vista en planta y corte transversal ...	67
Figura 10 - Diseño esquemático del sistema de remediación.....	70
Figura 11 - Plano de ubicación del sistema de remediación	76
Figura 12 - Gráfico de evolución del Tricloroetileno y cis-1.2-Dicloroeteno pozo DP188	
Figura 13 - Gráfico de evolución del Tricloroetileno y cis-1.2-Dicloroeteno pozo DP288	
Figura 14 - Gráfico de evolución del Tricloroetileno y cis-1.2-Dicloroeteno pozo DP389	
Figura 15 - Gráfico de evolución del Tricloroetileno y cis-1.2-Dicloroeteno pozo DP489	
Figura 16 - Gráfico de evolución del Tricloroetileno y cis-1.2-Dicloroeteno pozo F4..	90
Figura 17 - Gráfico de evolución del Tricloroetileno y cis-1.2-Dicloroeteno pozo F5..	90
Figura 18 - Gráfico de evolución del Tricloroetileno y cis-1.2-Dicloroeteno pozo F6..	91
Figura 19 - Gráfico de evolución del Tricloroetileno y cis-1.2-Dicloroeteno pozo VEW3	91

II. Índice de Tablas

Tabla 1 - Cronología de los estudios realizados y el marco técnico y legal aplicable. ..	16
Tabla 2 - Informes de investigación realizados por etapa de trabajo	27
Tabla 3 - Parámetros y metodología analítica utilizada para el análisis del agua subterránea.....	36
Tabla 4 - Parámetros y metodología analítica utilizada para el análisis del Suelo.....	37
Tabla 5 - Información de los pozos de monitoreo instalados.....	41
Tabla 6 - Resultados analíticos muestras de suelo (Feb 2010).....	44
Tabla 7 - Resultados analíticos muestras de agua subterránea (Feb 2011)	44
Tabla 8 - Secuencia sedimentológica en el predio según perfilaje gamma.....	61
Tabla 9- Resultados analíticos históricos de agua subterránea pozos F1, F2, F3 y F4 ..	64
Tabla 10- Resultados analíticos históricos de agua subterránea pozos F5, F6, DP1, DP2, D3 y DP4	65
Tabla 11 - Información de los pozos de remediación instalados.....	79
Tabla 12 - Parámetros operativos de los equipos, según diseño	79
Tabla 13 - Cronología de operación y resumen de cambios al sistema, por pozos	80
Tabla 14 - Parámetros de vuelco para efluentes según Res. 335/08 y Dec. 831/93.....	83
Tabla 15 - Resumen histórico de resultados analíticos de pozos remediación DP1 y DP2 - (µg/l).....	84
Tabla 16 - Resumen histórico de resultados analíticos de pozos remediación DP3 y DP4 - (µg/l).....	85
Tabla 17 - Resumen histórico de resultados analíticos de pozos remediación F4 y F5 - (µg/l)	86

Tabla 18 - Resumen histórico de resultados analíticos de pozos remediación F6 y

VEW3 - (µg/l)..... 87

1. Resumen

La presente Tesis tratará sobre el proceso sistemático de identificación, caracterización y adecuación de un pasivo ambiental, llevado a cabo en un predio industrial del rubro autopartista afectado con tricloroetileno o TCE, en el ámbito del Gran de Buenos Aires.

El tricloroetileno es un hidrocarburo clorado, ampliamente utilizado como potente solvente desengrasante desde la década de 1940 hasta principio de los '90 en diferentes actividades e industrias. La falta de conocimiento sobre sus propiedades toxicológicas en dicha época llevó a una manipulación y disposición inadecuada, por lo cual este producto generó problemas de contaminación en innumerables sitios alrededor del mundo y en varios de los sitios donde fue utilizado en la Argentina.

La investigación y remediación del sitio en cuestión se realizó a lo largo de aproximadamente once años. Con el objeto de presentar ordenadamente la investigación realizada, la información de las distintas etapas del estudio será agrupada por instancia de trabajo (Fase I, II, III y IV) y se describirá individualmente lo realizado en cada una.

Los estudios realizados confirmaron la presencia de TCE en el agua subterránea del predio y desembocaron en la implementación de un sistema de remediación, el cual está en pleno funcionamiento, cercano a alcanzar los *objetivos de limpieza (Clean-up levels* en inglés) para el predio.

A lo largo de la Tesis se presentan los resultados de cada etapa de estudio. El Plan de Remediación fue el resultado final de la investigación/diagnostico. Habiendo logrado reducir muy significativamente la concentración del TCE en el agua subterránea, se considera que las tareas realizadas han sido exitosas.

La investigación y seguimiento de este caso permitió constatar que las herramientas para la identificación, caracterización y adecuación de sitios potencialmente contaminados, son una base sólida para abordar los problemas de contaminación ambiental en predios industriales.

1. Introducción

La contaminación del suelo y agua subterránea, producto de la actividad industrial, es una problemática común a muchos sitios industriales en el país. Cada industria, dependiendo de las materias primas que utilice, los procesos que implemente y los productos que fabrique, tendrá mayor o menor posibilidad de impactar al ambiente de una forma negativa. Para esta Tesis en particular, se propone evaluar el abordaje sistemático para la caracterización y evaluación de medidas de remediación en un predio industrial autopartista, donde se utilizaron entre otros productos solventes clorados, específicamente el tricloroetileno.

La información que se presenta en esta Tesis es producto de la investigación y remediación llevada a cabo por una empresa de consultoría ambiental, de la cual formo parte, a lo largo de aproximadamente 11 años. La empresa consultora estuvo a cargo de la dirección técnica y ejecución de todas las etapas de consultoría, subcontratando únicamente las tareas y servicios de: análisis químico de las muestras de suelo, agua y gases del suelo; la perforación e instalación de pozos, perfilaje de pozos y la provisión e instalación de equipos de remediación, diseñados y construidos específicamente.

El estudio comenzó con una auditoría Fase I realizada en diciembre 2007 y dio lugar a un proceso de remediación del cual se presentan los datos generados hasta julio 2019. Mi participación en el proceso de investigación comenzó en la etapa de caracterización adicional en octubre 2012 donde estuve cumpliendo el rol de consultor de campo involucrado en diversas tareas de la gestión del proyecto (seguimiento y ejecución de campo, redacción de informes, entre otros), a partir de agosto 2014 comencé a tomar más

responsabilidades pasando a ser el gerente del proyecto de remediación del sitio desde el 2015 a la fecha.

A partir de los hallazgos realizados durante una Auditoria de Cumplimiento Legal del sitio (Fase I) se encaminaron las sucesivas etapas de caracterización del sitio (evaluaciones Fase II), que como resultado confirmaron la existencia y dimensión de un pasivo ambiental en el sitio. En base a los resultados se procedió a conmensurar (Fase III) los riesgos a la salud y el ambiente (RBCA o ACBR), se evaluaron las alternativas de remediación y se definió un Plan de Adecuación (o Remediación) Ambiental. Dicho plan fue presentado antes las autoridades según dicta la legislación provincial aplicable. Una aprobado por la Autoridad el Plan de Remediación, se procedió a la implementación (Fase IV) del sistema de tratamiento de suelos y aguas subterráneas propuestos, incluyendo el tratamiento de los gases y/o fase vapor resultantes del proceso de remediación. El sistema de tratamiento se encuentra en funcionamiento desde noviembre 2015 y según los resultados del último muestreo de agua subterránea (04/07/19) considerado para esta tesis las concentraciones residuales en el acuífero freático están cerca de llegar a los valores objetivo planteados para la adecuación.

Con el objeto de presentar ordenadamente la investigación realizada, la información de cada instancia de trabajo (Fase I, II, III y IV) será presentada en una sección específica. Cada una de estas secciones abordará los objetivos específicos, materiales, resultados y conclusiones de cada etapa. A continuación se presenta el objetivo de la presente Tesis.

2. Objetivo

El Objetivo General de este trabajo es ejemplificar como la aplicación del proceso sistemático de identificación, caracterización y adecuación ambiental para predios potencialmente contaminados, permitió la adecuación ambiental de un pasivo identificado en el predio bajo estudio.

Para lograr este objetivo, se repasarán los resultados de las cuatro etapas de caracterización realizadas, por una empresa consultora ambiental, en un predio industrial del rubro autopartista, en el ámbito del Gran de Buenos Aires, afectado con TCE.

Los objetivos específicos de cada una de las cuatro etapas de estudio se encuentran detallados en las secciones correspondientes.

3. Estado de Situación

3.1. El tricloroetileno

El Tricloroetileno o TCE (C_2HCl_3 ; CAS No. 79-01-6) es un hidrocarburo clorado (HCC), más específicamente un solvente clorado que fue ampliamente utilizado como agente de limpieza por su alta efectividad como desengrasante entre la década de 1940 hasta principio de los '90 en diferentes actividades (talleres de mantenimiento) e industrias (electrónica, mecánica, automotriz y textil, entre otras). La falta de conocimientos sobre la toxicidad, el correcto uso y disposición de los productos químicos, junto con el manejo y disposición inapropiados de estos productos durante esos años llevó a la contaminación del suelo y agua.

Posteriormente se determinó que el TCE es un compuesto cancerígeno (como consta en la hoja de seguridad del TCE-ICSC 0081) y a principios de los '90 se retiró el producto del mercado y se discontinuó su utilización.

Cuando el TCE o un compuesto de sus características físicas es “liberado” al ambiente en grandes volúmenes, como pueden ser derrames de tanques, filtraciones a partir de ductos, cámaras, bateas, pozos sépticos, enterramientos o vuelcos deliberados al suelo, el mismo migra verticalmente a través del sedimento. Durante este proceso, el TCE va impregnando y ocupando el espacio poroso. Debido a que este producto tiene una densidad mayor que el agua y presenta una baja solubilidad en agua, al llegar al nivel de la napa freática, el mismo continúa su migración descendente (por acción de la gravedad). Mientras el TCE va avanzando verticalmente dentro de la zona saturada del suelo (o acuífero), parte del compuesto comienza a solubilizarse en el agua y a migrar como *fase disuelta* en el sentido del flujo de la napa subterránea. En el caso de que el volumen derramado del producto sea suficiente, el TCE continúa descendiendo hasta encontrar alguna capa confinante de baja permeabilidad sobre la cual comienza a acumularse una mayor concentración de fase disuelta en agua, y eventualmente, si el aporte sigue siendo importante, podría formar una Fase Líquida No Acuosa Densa (FLNAD), conformando una lente de solvente clorado casi puro en los poros del suelo/sedimento.

Dado los riesgos que este compuesto tiene para la salud, cuando se lo detecta en el agua subterránea aun en bajas concentraciones, hay que realizar una apropiada caracterización del sitio, y en caso de corroborar una afectación significativa, se deberá proceder a su adecuación ambiental por medio de una remediación que lleve las concentraciones en suelo y en agua subterránea a valores residuales compatibles con la salud humana y el ambiente, según el uso futuro del predio.

3.2. Aspectos Técnicos

Las directivas para realizar la identificación, caracterización y remediación de un sitio contaminado a nivel nacional se encuentran delineadas en varias Normas siendo las más significativas:

IRAM 29590 - Acciones Correctivas Basadas en Riesgo (ACBR) aplicadas a sitios contaminados con hidrocarburos. [1]

IRAM 29482 - Directivas para la investigación detallada de sitios urbanos e industriales con respecto a la contaminación del suelo. [2]

IRAM 29598 - Desarrollo de modelos conceptuales para sitios contaminados. [3]

Estas normas a su vez se basan en criterios internacionales, que principalmente provienen de la American Society of Testing Materials (ASTM), de la International Organization for Standardization (ISO) y del resultado de las investigaciones de la Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR) de Estados Unidos, entidad que agrupa a la United States Environmental Protection Agency (USEPA), el US Department of Defense y el National Institutes of Health, entre otros.

Las principales guías internacionales para la identificación, caracterización y remediación de sitios contaminados son:

ASTM E1527 - Standard Practice for Environmental Site Assessments: Phase I Environmental Site Assessment Process. [4]

ASTM E1903 - Standard Practice for Environmental Site Assessments: Phase II Environmental Site Assessment Process. [5]

ASTM E1689 - Standard Guide for Developing Conceptual Site Models for Contaminated Sites). (6)

ASTM E2081 – Standard Guide for Risk-Based Corrective Action. [7]

FTRT - Table 3-2: Treatment Technologies Screening Matrix. [8]

El conjunto aquí listado es solo una parte de las guías que se pueden encontrar respecto de la temática de caracterización ambiental. La aplicación de estas guías permitirá identificar, caracterizar y evaluar los sitios potencialmente contaminados, y en función de los resultados, su eventual adecuación o remediación.

En líneas generales podemos dividir el proceso de caracterización en cuatro (4) fases.

Fase I - también conocido como **Evaluación Ambiental (EA) de Fase I**. Esta suele tomar la forma de una Auditoria de Cumplimiento Legal, Auditoria de Cierre (o transferencia de actividades) o Auditoria Cumplimiento de los procedimientos propios de una empresa. Este paso consta principalmente de una revisión de documentación (inscripciones, permisos, requerimientos legales o propios, entre otros), recorrida/inspección del sitio y como resultado se obtiene un resumen de la historia del sitio, un listado de las *Áreas de Potencial Interés ambiental (API)*, un listado de productos químicos utilizados (*CDI – Compuestos de Interés*) y un resumen de la situación documental.

Fase II - o **Evaluación Ambiental de Fase II**. Este es un estudio ambiental del sitio, involucra la toma de muestras de suelo, agua, aire, lodos, residuos y/o materiales de construcción, según se haya identificado y definido como API en el estudio de Fase I. Para la obtención de dichas muestras es probable que se tenga que realizar tareas intrusivas en el terreno, como ser la perforación para toma de muestras de suelo a distintas profundidades y en distintas locaciones, así como la instalación de pozos de monitoreo a

la napa freática para conocer la condición del agua somera subyacente (e incluso a otros acuíferos si se sospecha impacto más profundo). Todas las muestras tomadas durante esta etapa son enviadas a un laboratorio para analizar y determinar la presencia o ausencia de los CDI. Los informes de EA Fase II deben contar con la descripción del sitio, su historia, la geología, las metodologías de toma de muestra y análisis de laboratorio. Como resultado de la interpretación de la información generada durante la investigación se desarrolla un **Modelo Conceptual del Sitio (MCS)** que explica la relación entre los CDI, la fuente u origen de los CDI, las vías de migración y/o transporte de los compuestos en los distintos medios afectados, y la vía de exposición a los potenciales receptores sensibles de los contaminantes. Para ello se debe confirmar la presencia/ausencia de contaminación en las distintas API del predio y se plantean las conclusiones y recomendaciones que correspondan. Puede que este tipo de trabajos no sean conclusivos en su primera instancia y que se tengan que hacer tareas o instancias adicionales de caracterización para poder definir la dimensión de el o los pasivos.

Fase III - o Evaluación Ambiental de Fase III. En esta etapa se realiza un *Estudio de Acciones Correctivas* para las API confirmadas con afectación. Esta evaluación de acciones correctivas tiene por objetivo comprender los riesgos de exposición a las sustancias potencialmente tóxicas y determinar la necesidad de adecuación o eliminación de los mismos.

Esta evaluación puede ser de índole conceptual y cualitativa, buscando cumplimentar con valores tabulados en la normativa existente, o más específicas pasando de etapas cualitativas a etapas cuantitativas como se aplica en metodología de *Acciones Correctivas Basadas en Riesgo (ACBR) a la salud y el ambiente*. El ACBR es un método de abordaje que se divide en tres instancias (niveles o Tiers), siendo el primero (Tier I) un análisis

donde se contrasta la información del Fase II (valores detectados de contaminantes en suelo, aguas y materiales/residuos) contra *valores guía de riesgo* o RBSL (por su sigla en inglés: risk based screening levels) a veces ya definidos en la legislación vigente (como ser la Ley Nacional 24.051, Decreto 831 o la Resolución 95/14 del OPDS de Prov. Bs. As.) y se determina si existe afectación o no, y la magnitud de la misma.

En el caso de que se considere que el escenario generado con los valores legislados (escenario genérico) no sea aplicable a la situación del sitio, se puede realizar una evaluación de cálculo cuantitativo Tier II, que implica el cálculo de *valores de riesgo específicos para el Sitio* o SSTL (por su sigla en inglés: site specific target levels), basados en determinaciones de variables específicas del sitio como por ejemplo: los valores de profundidad del agua, conductividad hidráulica (o permeabilidad), concentraciones en suelos y aguas subterránea de los CDI, y la distancia de los distintos tipos de receptores a la presencia de la contaminación. De este modo se busca evaluar si las concentraciones encontradas, más allá de superar los valores guía genéricos (establecidos en normativas y usualmente muy restrictivos), representan un riesgo real/efectivo o los posibles receptores.

En caso de los escenarios de exposición inaceptable, que superan las concentraciones SSTL (o valores de concentración residual aceptable según el riesgo), se evalúan las Alternativas de Técnicas de Remediación (seleccionando las tecnologías avaladas en el país). En base a criterios de viabilidad de tiempos, condiciones del sitio, disponibilidad local de tratadores y presupuesto entre otros, se selecciona la opción más viable para el sitio. Incluso para ciertos casos o metodologías, se pueden realizar Ensayos de Tratabilidad de laboratorio, o incluso pruebas piloto a campo de la tecnología.

El resultado de esta Fase III es el **Plan de Acciones Correctivas**, que puede abordar desde un Plan de Monitoreo de la situación ambiental hasta un Plan de Remediación Ambiental (o Programa de Adecuación Ambiental) de diversa complejidad, según lo requiera la situación. Este Plan debe ser presentado para aprobación por la autoridad ambiental competente.

Hay que mencionar que, únicamente en condiciones muy particulares, se recurre a una evaluación de riesgo cuantitativa del tipo Tier III, que ajusta la información generada por el Tier II a través de la generación de nueva información mucho más específica y/o costosa y con modelos mucho más sofisticados para la modelación de la exposición real del receptor (incluso ecológico) al contaminante evaluado.

Fase IV - Implementación de la alternativa seleccionada: una vez aprobado el **Plan de Remediación** por parte de la/s autoridad/es y habiendo obtenido los permisos requeridos, se implementa el plan de remediación/adecuación. La remediación se deberá llevar a cabo hasta llegar a los *valores/concentraciones objetivo acordados con la autoridad* en plan de remediación, considerándose así el predio Apto para el Uso Futuro convenido. Arribado a este punto, en general será necesario continuar con el control periódico o monitoreo del sitio por un cierto periodo de tiempo, para constatar que las tareas de remediación han sido efectivas y permanecen aptas en el tiempo.

A los fines de ejemplificar el abordaje sistemático a sitios potencialmente contaminados en la figura 1 se presenta el diagrama de flujo del proceso de acción correctiva basada en riesgos, de la norma IRAM 29590:2012. Si bien el mismo es específico para el proceso de evaluación de Acción Correctiva Basada en Riesgos, correlaciona y ejemplifica estas cuatro fases mencionadas para la caracterización.

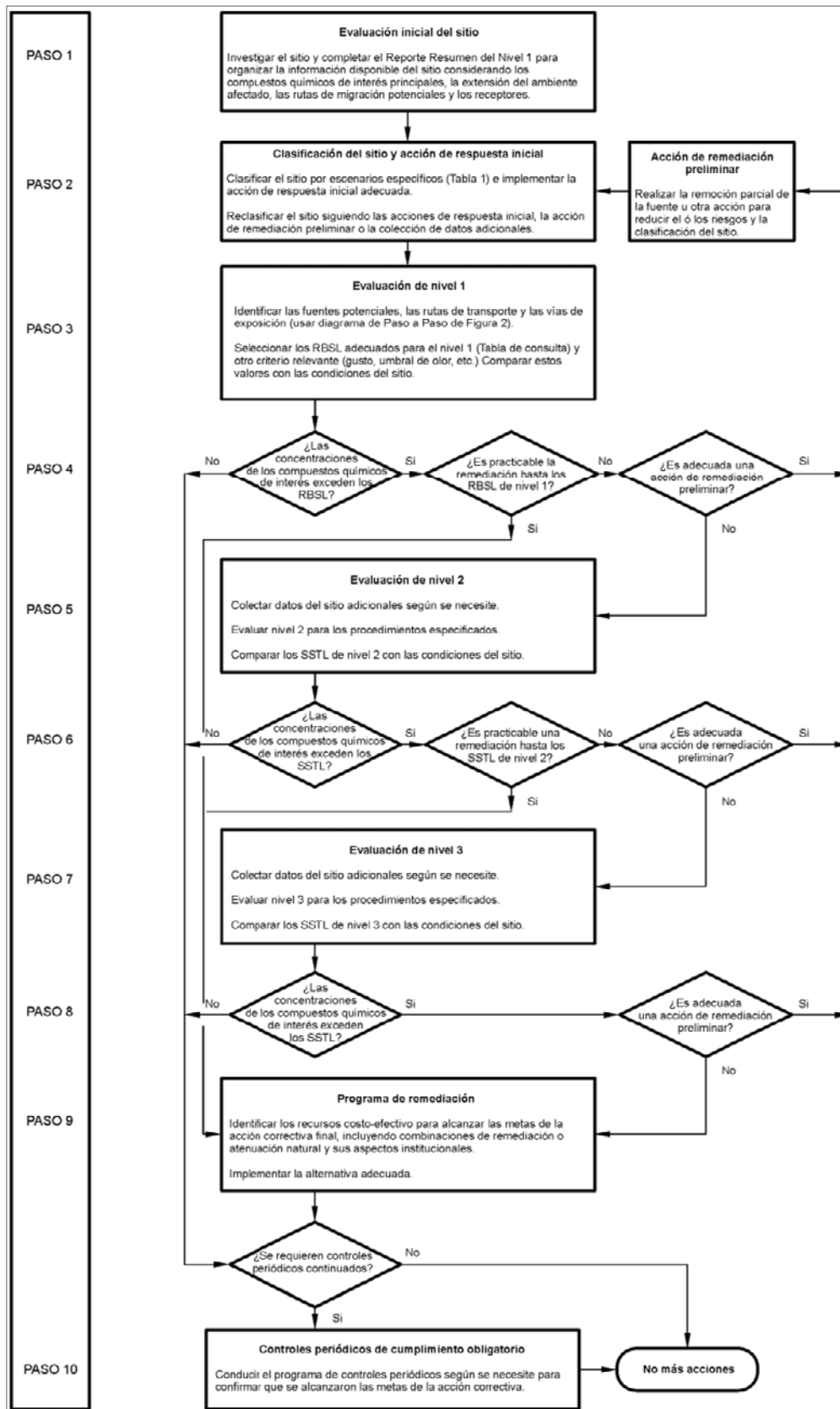


Figura 1- Diagrama de flujo del proceso de acción correctiva basada en riesgos [1]

3.3. Marco Normativo

El sitio bajo estudio se encuentra dentro de la Provincia de Buenos Aires, y por tal motivo el presente trabajo tiene como marco normativo aquella legislación que sea de aplicación a nivel Nacional y de la Provincia de Buenos Aires.

A continuación, se mencionan las principales Leyes y Decretos que aplican al caso de estudio. A lo largo del proyecto se sancionaron nuevas leyes y resoluciones, por lo que aquí se mencionan solo aquellas que siguen vigentes. El siguiente listado no pretende ser un listado exhaustivo de la legislación aplicable, sino identificar la legislación que fue de mayor relevancia/interés para el presente trabajo.

De orden Nacional:

Constitución Nacional art 41: *“Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley.* [9]

Ley N° 24.051 (1992)– Residuos Peligrosos. La misma da la definición de qué será considerado un residuo peligroso, trata sobre su generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos. Esta ley se reglamentó a través del Decreto 831/93 en el que se fijan los **valores guía de Calidad de Agua y Suelos según su uso**, y por lo tanto son el primer valor de comparación para los resultados analíticos de las muestras de suelo y agua de un sitio. [10] [11]

De orden Provincial:

Ley N° 11.459 (1992) – Radiación Industrial. Esta establece que todos los establecimientos industriales deberán contar con el pertinente Certificado de Aptitud Ambiental (CAA) como requisito obligatorio e indispensable para su habilitación. La misma establece los requisitos para la obtención del CAA. [12]

Ley N° 11.720 (1995) – Residuos Especiales. La misma da la definición de que será considerado un residuo especial, trata sobre su generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos. Esta ley remite y toma los valores guía de la Ley 24.051 y Decreto 831/93 para calidad de suelo y agua según su uso. [13]

Ley N° 11.723 (1995)– Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Establece la necesidad de restaurar aquellos sitios que han sido alterados por impactos negativos, basado en estudios del medio tanto físico y social. Esta ley remite y toma los valores guía de la Ley 24.051 y Decreto 831/93 para calidad de suelo y agua según su uso. [14]

Ley N° 14.343 (2012) - Pasivos Ambientales. Esta regula la identificación de los pasivos ambientales y la obligación de recomponer sitios contaminados o áreas con riesgo para la salud de la población con el propósito de mitigar los impactos negativos en el ambiente. Exige la Auditoria de Cierre o Transferencia de actividades, donde se debe describir la situación del sitio al momento del cierre/cese de actividades o transferencia, con un claro diagnóstico ambiental del predio y en el caso de contar con un pasivo ambiental, definir el plan de adecuación ambiental a implementar. [15]

Resolución del Organismo Provincial para el Desarrollo Sustentable (OPDS) N° 95/14 (2014) – Remediación de Sitios Contaminados. Esta establece la necesidad de caracterización de sitios sospechados de contaminación (por ejemplo, estaciones de servicio) y los lineamientos para el inicio, ejecución y finalización de tareas de remediación en sitios contaminados ubicados en el territorio de la provincia de Buenos Aires. En la misma se remite a la norma IRAM 29590 - Acciones Correctivas Basadas en Riesgo (ACBR) - como herramienta para evaluar la situación de un predio. También pone de referencia a la *Lista Holandesa* para aquellos compuestos que no tengan valores guía en la legislación provincial antes mencionada y establece mecanismos para dar por finalizada una remediación. [16]

Resolución de la Autoridad del Agua (ADA) 333/17 (2017) – Recursos Hídricos – Reglamento de los Procesos para la obtención de Prefactibilidad, Autorizaciones y Permisos. La misma reglamenta los procesos para obtención de la prefactibilidad, autorizaciones y permisos para la explotación del recurso agua subterránea y vuelco de efluentes. En este caso, aplica a los vuelcos del sistema de remediación implementado. [17]

De orden Internacional:

Lista Holandesa (Rijkswaterstaat 2013) – Circular Remediación de Suelos 2013 (Soil Remediation circular 2013): El documento originalmente fue publicado en el 2006. En esta se presentan las directivas para el cuidado del suelo, la metodología de investigación de sitios contaminados y los valores guía/objetivo para la implementación de acciones correctivas para suelo y agua con presencia de contaminantes. La misma ha sido aplicada

en la Argentina como guía general, y ya en la Resolución 95/14 es citada y adoptada como complementaria para los parámetros no listados en los Valores Guía de la Decreto 831/93.

[18]

3.4. Evolución del estado de situación durante la ejecución

A continuación, se presenta la tabla 1 que resume la cronología de los principales documentos del marco técnico y normativo, así como la ejecución de las distintas actividades de caracterización, definición de medidas correctivas e implementación aplicadas en el sitio. Como se puede ver en la misma, desde el inicio de las tareas de investigación el marco legal y técnico evoluciono a la par de la ejecución del trabajo.

Tabla 1 - Cronología de los estudios realizados y el marco técnico y legal aplicable.

Tipo	Fecha	Titulo	Revisiones	Comentarios
Ley Nacional	17/01/92	Ley N° 24.051. Residuos Peligrosos.		La misma da la definición de qué será considerado un residuo peligroso, trata sobre su generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos. Además, define las Corrientes de Desechos sometidas a control y las Características Peligrosas.
Ley Nacional	03/05/93	Decreto 831/93. Reglamentación de la Ley N°24.051.		Decreto reglamentario Ley N 24.051. Reglamenta lo relativo a residuos peligrosos generados en el país para evitar que dichos residuos sigan afectando a las personas y/o al ambiente en general. Su reglamentación alcanza a todas

Tipo	Fecha	Titulo	Revisiones	Comentarios
				aquellas personas físicas o jurídicas que generen, transporten, traten y/o dispongan residuos peligrosos. En su Anexo II se encuentran los Niveles Guía para calidad del Agua (Tablas II a VIII) y el Suelo (Tabla IX).según su Uso
Norma ASTM	1995	<i>E1689-95(2014) - Standard Guide for Developing Conceptual Site Models for Contaminated Sites.</i>	2003/2008/2014	Norma que establece los conceptos base para el desarrollo del Modelo Conceptual del Sitio.
Ley Prov. Bs.As.	15/06/95	Ley N° 11.459 – Radicación Industrial.		Da la definición de establecimiento industrial, establece que dichos predios y parques industriales deberán contar con el pertinente Certificado de Aptitud Ambiental como requisito obligatorio. Define que las autoridades municipales puedan dar las habilitaciones industriales. Además de definir en qué ocasiones se necesitará presentar un EIA.
Ley Prov. Bs.As.	13/12/95	Ley N° 11.720 – Ley de Residuos Especiales.		Toma la Ley Nacional 24.051 como base para adaptarla a la Provincia de Buenos Aires. Regula la generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales. Con la finalidad de reducir la cantidad de residuos especiales generados, minimizar los potenciales riesgos del tratamiento, transporte y disposición

Tipo	Fecha	Título	Revisiones	Comentarios
				de los mismos y promover la utilización de las tecnologías más adecuadas, desde el punto de vista ambiental. Da la definición de residuos especiales. Esta ley remite y toma los valores guía de la Ley 24.051 y Decreto 831 para calidad de suelo y agua según su uso.
Ley Nacional	15/12/95	Ley N° 24.430 - Constitución Nacional Argentina.		En esta reforma de la Constitución se incluye el artículo 41 que trata sobre las cuestiones ambientales. " Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo...".
Ley Prov. Bs.As.	22/12/95	Ley N° 11.723 – Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.		Tiene por objeto la protección, conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente en general en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires, a fin de preservar la vida en su sentido más amplio; asegurando a las generaciones presentes y futuras la conservación de la calidad ambiental y la diversidad biológica. Esta ley remite y toma los valores guía de la

Tipo	Fecha	Titulo	Revisiones	Comentarios
				Ley 24.051 y Decreto 831 para calidad de suelo y agua según su uso.
Norma ASTM	1997	<i>E1903 - 11 - Standard Practice for Environmental Site Assessments: Phase II Environmental Site Assessment Process.</i>	2002/2011/2019	Norma que establece los conceptos base para la ejecución de Estudios de Caracterización Fase II.
Norma ASTM	1997	<i>E1527 - 13 - Standard Practice for Environmental Site Assessments: Phase I Environmental Site Assessment Process.</i> West Conshohocken, Estados Unidos: ASTM International	2000/2005/2013	Norma que establece los conceptos base para la ejecución de Estudios de Caracterización Fase I.
Norma ASTM	2000	<i>E2081-00(2015) - Standard Guide for Risk-Based Corrective Action.</i>	2004/2010/2015	Norma que establece los conceptos base para la ejecución de acciones correctivas en base a riesgos RBCA.
Resolución	30/03/01	<i>Resolución 504/01</i>	Derogada por las Res. 41/14	Entre otros lineamientos, establece que las muestras para caracterización ambiental deberán ser tomadas y analizadas por laboratorios habilitados.
Informe	01/12/07	Diciembre 2007 – Auditoria Fase I		Auditoria Tipo Fase I para evaluar el cumplimiento legal de la regulación de Salud, Seguridad y Medio Ambiente.
Nota	13/02/08	Carta de la ADA solicitando la expansión de la red de freáticos.		La ADA le solicita al sitio que instale dos (2) pozos más de monitoreo en el predio para conocer la condición del agua subterránea,

Tipo	Fecha	Titulo	Revisiones	Comentarios
				antes de poder renovar el permiso de explotación del agua subterránea.
Norma IRAM	2008	IRAM 29482 - <i>Calidad ambiental - Calidad del suelo.</i>		Directivas para la investigación detallada de sitios urbanos e industriales con respecto a la contaminación del suelo.
Informe	04/04/09	Estudio del agua subterránea.		Se realizó el muestreo y análisis en laboratorio del agua de los cuatro (4) pozos existentes en planta. Junto con esto se realizó la revisión de la información analítica preexistente.
Informe	04/04/10	Estudio complementario del agua subterránea.		Se instalaron cinco (5) pozos, dos (2) a 12 m y tres (3) a 20 m de profundidad. Se realizó el muestreo y análisis en laboratorio del agua de estos pozos y los cuatro (4) preexistentes.
Informe	01/09/10	Ronda de muestreo de agua subterránea - mayo 2010.		Se realizó el muestreo y análisis en laboratorio del agua de los nueve (9) pozos de planta. El muestreo se realizó con protocolos oficiales OPDS.
Informe	01/04/11	Ronda de muestreo de agua subterránea e identificación de posibles receptores fuera del sitio.		Se realizó el muestreo y análisis en laboratorio del agua de los nueve (9) pozos de planta. El muestreo se realizó con protocolos oficiales OPDS. Adicionalmente se realizó la identificación de posibles receptores sensibles fuera del predio.

Tipo	Fecha	Titulo	Revisiones	Comentarios
Informe	01/05/11	Muestreo pasivo de gases del suelo.		Se realizó el estudio de gases pasivos del suelo en veintiséis (26) locaciones dentro del sitio. Estos se distribuyen dentro del predio con una mayor densidad cerca de los pozos con detecciones de compuestos de interés. Con esto se logra delinear la pluma de contaminación y las zonas fuente.
Nota	06/06/11	Notificación de la ADA		La ADA le solicitó al sitio que realice un estudio del suelo y el agua subterránea en el predio, a fin de delimitar la extensión del pasivo ambiental.
Informe	01/06/11	Investigación de suelo y agua subterránea		Se realizó el estudio de suelo y agua para dar conformidad al requerimiento de la ADA. Se tomaron muestras de suelo de dieciséis (16) sondeos y de agua de los nueve (9) pozos de planta, para ser analizadas en el laboratorio. El muestreo se realizó con protocolos oficiales OPDS.
Norma IRAM	2012	IRAM 29590 - <i>Calidad ambiental. Acciones correctivas basadas en riesgo (ACBR) aplicadas a sitios contaminados con hidrocarburos.</i>		Guía que establece los conceptos base para la ejecución de acciones correctivas en base a riesgos.
Ley Prov. Bs.As.	23/01/12	Ley N° 14.343. Pasivos Ambientales.		La ley tiene por objeto regular la identificación de los pasivos ambientales y establecer la obligación de recomponer sitios

Tipo	Fecha	Titulo	Revisiones	Comentarios
				contaminados o áreas con riesgo para la salud de la población con el propósito de mitigar los impactos negativos en el ambiente. Fija además que en trasposos de propiedad o cierre de actividad, se determine el pasivo y cómo se remedia.
Informe	02/02/12	Muestreo de agua subterránea - diciembre 2011.		Se realizó el muestreo y análisis en laboratorio del agua de los nueve (9) pozos de planta. El muestreo se realizó con protocolos oficiales OPDS.
Informe	10/10/12	Muestreo de agua subterránea - agosto 2012.		Se realizó el muestreo y análisis en laboratorio del agua de los nueve (9) pozos de planta. El muestreo se realizó con protocolos oficiales OPDS.
Informe	15/12/12	Trabajos complementarios de delineación de afectación de agua subterránea requeridos por la Autoridad del Agua.		Se realizaron trabajos complementarios a la investigación. Estos comprendieron dos etapas: • La primera: estudios de perfilaje y video-inspección de pozos para determinar la secuencia litológica existente en el sitio. • La segunda: en base a los resultados de la anterior se instaló un pozo a la base del Acuífero Pampeano.

Tipo	Fecha	Titulo	Revisiones	Comentarios
Informe	10/10/13	Plan de Adecuación Ambiental.		Elaboración del Plan de Adecuación Ambiental (PNA), en el que se identifican las acciones correctivas para reducir las concentraciones de CDI en el sitio; y minimizar la potencial migración fuera del sitio de los compuestos detectados, para ser presentado ante el OPDS.
Disposición OPDS	10/12/13	Disposición OPDS		En esta disposición el OPDS aprueba y autoriza la implementación del PNA , el mismo se incluye el plan de monitoreo de los pozos de muestreo como los efluentes líquidos y gaseosos.
Resolución	12/06/14	Resolución OPDS 41/14		Clasifica en categorías a laboratorios de análisis industriales. Establece requisitos para su habilitación. Deroga entre otras a la Res. 504/01
Inicio de Gestión para la Implementación	09/08/14			Se inició el proceso de compra y abastecimiento (e importación) de equipos y materiales para su posterior instalación y armado del sistema de remediación acorde al Plan de Adecuación Ambiental
Ley Prov. Bs.As.	09/02/15	Resolución OPDS N° 95/14. Remediación de Sitios Contaminados.		Tiene por objeto regular el inicio, ejecución y finalización de tareas de remediación en sitios contaminados ubicados dentro de la provincia de Buenos Aires. Establece las pautas para la caracterización de sitios

Tipo	Fecha	Titulo	Revisiones	Comentarios
				contaminados y qué documentación es necesaria para conocer el estado ambiental del sitio. Fija Valores guía para calidad de suelos y agua, refiere a la Lista Holandesa para HTP, y adopta el Factor x10 en caso de Remediación de aguas subterráneas en los casos que exista provisión de agua por red.
Resolución Prov. Bs.As.	25/06/15	Resolución de la ADA		Resolución de la ADA autorizando al sitio el punto de vuelco para el sistema de remediación del predio. Paso final para que comiencen las tareas de remediación.
INICIO DE LA REMEDIACION	15/11/15	INICIO DE LA REMEDIACION		Fecha en la que se finalizan las tareas de instalación y se da Inicio a la Remediación . Comienzan los ajustes operativos del sistema.
Norma IRAM	2016	IRAM 29598 - <i>Calidad ambiental. Desarrollo de modelos conceptuales para sitios contaminados.</i>		Guía para el desarrollo de modelos conceptuales de sitio para caracterizar los sistemas físico, biológico y químico de un sitio.
Informe	02/02/16	Informes Trimestrales de Avance del Plan de Adecuación Ambiental		A partir del inicio de la operación del sistema de remediación se presentan informes trimestrales de avance a las autoridades, en los que se incluyen los resultados de los muestreos de agua subterránea y efluentes líquidos.

Tipo	Fecha	Título	Revisiones	Comentarios
Resolución Prov. Bs.As.	08/05/17	Resolución ADA 333/17 – Sistema de Gestión Electrónica para Permisos de la Autoridad del Agua		La Autoridad del Agua establece el reglamento para la obtención de los Permisos de Vuelco de Efluentes Líquidos, Permiso de Explotación de Pozos y las Constancias de Aptitud Hidráulica y la implementación del Expediente Electrónico. La misma deroga las siguientes resoluciones: ADA 04/04, 209/04, 289/08, 1012/09, 165/10, 183/10, 234/10, 660/11, 338/12, 371/12, 518/12, 519/12, 465/13, 636/14, 734/14, 355/15, 135/16.

La modificación más importante que se dio durante el transcurso de los estudios fue la publicación de la Resolución OPDS 95/14. Antes de esta resolución, los valores guía/objetivo para la remediación eran los publicados en los anexos del Decreto 831/93 de la Ley Nacional. 24.051. El Artículo 8 de la Resolución 95/14, estableció que:

*“Para los recursos hídricos subterráneos, en aquellas zonas donde el acuífero freático no es utilizado para consumo humano, los niveles guía serán los correspondientes a los de fuentes de agua para consumo humano con tratamiento convencional, **multiplicados por un factor de diez (10)**. Esto último se aplicará en lugares que contengan un sistema de agua potable de red para ser empleada como consumo, y donde se asegure que la primera napa no sea utilizada para consumo humano; siempre y cuando la presencia de dichos compuestos no represente o presuponga riesgos asociados de otra índole.”.*

Como se pudo comprobar que en la vecindad al sitio se cuenta con un sistema de agua potable de red, a partir de esta resolución se toma este criterio como objetivo para la remediación. Con lo cual, a partir de la entrada en vigencia de esta resolución, las concentraciones objetivo de remediación se multiplicaron por diez (10), haciendo más viable la posibilidad de alcanzar dichos “valores objetivo”.

A los efectos del presente caso, la aplicación de este concepto permitió que las concentraciones residuales (valores objetivo) de los compuestos de interés en la napa pasaran en el caso del TCE, por ejemplo, de 30 µg/l a 300 µg/l para el sitio.

4. Desarrollo

4.1. Introducción del problema

Una corporación internacional del rubro autopartista, con una planta ubicada en el Gran Buenos Aires, solicitó la realización de una Auditoria Fase I de cumplimiento legal y de procedimientos internos. La auditoría en dicha planta se llevó a cabo en diciembre del 2007. A partir de esta surgió la necesidad de realizar estudios complementarios de caracterización tipo Fase II. Estos estudios se realizaron en distintas etapas entre los años 2009 a 2014 y culminaron en la implementación de un Plan de Adecuación del sitio. Dicho plan se implementó en 2015 y continúa en funcionamiento hasta la actualidad (26/07/19).

En la tabla 2 se presentan los distintos estudios realizados agrupados por etapa de trabajo e identificando la fecha de entrega de los respectivos informes de investigación:

Tabla 2 - Informes de investigación realizados por etapa de trabajo

Etapa	Fecha y Titulo del Informe
Fase I	Diciembre 2007 - Auditoria Fase I.
Fase II	Abril 2009 - Estudio del agua subterránea.
	Abril 2010 - Estudio complementario del agua subterránea.
	Septiembre 2010 - Ronda de muestreo de agua subterránea mayo 2010.
	Febrero 2011 - Ronda de muestreo de agua subterránea y Primer Modelo Conceptual del Sitio.
Fase III	Abril 2011 –Relevamiento para la identificación de posibles receptores fuera del sitio.
	Mayo 2011 - Muestreo pasivo de gases del suelo para delimitar zonas fuente y plumas de afectación.
	Julio 2011 - Investigación adicional de suelo y agua subterránea y ajustes al Modelo Conceptual del Sitio.
	Febrero 2012 - Muestreo de agua subterránea diciembre 2011.
	Octubre 2012 - Muestreo de agua subterránea agosto 2012.
	Diciembre 2012 - Trabajos complementarios de delineación de afectación de agua subterránea requeridos por la Autoridad del Agua y Evaluación de Alternativas de Adecuación.
	Octubre 2013 - Presentación del Plan de Adecuación Ambiental.
Fase IV	Noviembre 2015 - Informe de Implementación del Plan de Adecuación Ambiental antes del inicio de la operación.
	Febrero 2016 - Julio 2019 -Informes Trimestrales de Avance del Plan de Adecuación Ambiental.

Para encaminar la resolución de los desvíos hallados en la Auditoria Fase I, la empresa buscó regularizar el permiso de explotación de agua subterránea ante la Autoridad del Agua y el Certificado de Aptitud Ambiental ante el Organismo Provincial para el Desarrollo Sustentable, siendo la ADA y el OPDS las Autoridades de Aplicación. Como resultado de esto, ambas autoridades de aplicación solicitaron profundizar la información con respecto al estado/calidad del agua subterránea en el predio.

Esta solicitud por parte de las autoridades desencadenó los sucesivos estudios de suelos y agua subterránea que resultaron en la caracterización del pasivo ambiental (Fase II). Lo cual fue seguido por la presentación y acuerdo de las medidas del Plan de

Adecuación Ambiental para el sitio (Fase III) y por último se procedió a la implementación del Plan de Remedación o Adecuación (Fase IV). El cual se encuentra en curso y en estado muy avanzado.

4.2. Etapas del Trabajo

La investigación del sitio hasta la implementación de la remediación se realizó a lo largo de varios años y cada etapa de estudio complementó o actualizó al estudio precedente. Por tal motivo, y con la finalidad de realizar un resumen sencillo de comprender a continuación se presentará la información de los distintos estudios agrupada por instancia de trabajo (Fase I, II, III y IV). También se presenta una breve descripción de lo realizado en cada instancia de trabajo.

4.2.1. FASE I - Auditoria Fase I - (Dic 2007)

El objetivo de un Estudio o Auditoria de Fase I según lo podemos encontrar en la norma ASTM E1527 es identificar, dentro de los límites de lo posible por medio de esta etapa del proceso, condiciones ambientales adversas vinculadas al sitio en cuestión. El estudio de Fase I está compuesto por cuatro partes, que se describen a continuación:

- Revisión de documentación: El objetivo es obtener y revisar la información que nos permitirá identificar condiciones ambientales adversas. Esta documentación deberá incluir: información histórica y actual de procesos del sitio, antecedentes ambientales, permisos y habilitaciones, listados de materias primas, sistema de gestión en lo relevante a la temática ambiental, registros geológicos, resultados analíticos, entre toda otra información que pudiera resultar de interés dependiendo del tipo de industria y su ubicación.

- Relevamiento del sitio: El objetivo es realizar una visita al sitio con el fin de conocerlo e identificar de forma directa las posibles condiciones ambientales adversas del sitio. Durante la visita se deberá recorrer el sitio (edificios y espacios verdes) y sus alrededores inmediatos, focalizando en la condición presente del mismo. Para esto, se deberá prestar atención a las áreas de almacenamiento de materias primas y productos terminados, las de elaboración y sus áreas complementarias o accesorias, la presencia de plantas de tratamientos de efluentes, distintos tipos de cámaras, tanques (aéreos o enterrados), olores, manchas en el piso o suelo, áreas de almacenaje de residuos industriales y peligrosos, pozos de abstracción o monitoreo, entre otros aspectos que dependerán de cada sitio en particular.
- Entrevistas: El objetivo es obtener información de forma directa del personal con conocimiento del sitio, su historia y sus actividades. Idealmente estas entrevistas comienzan con el gerente general del sitio y luego continúan con el resto de personal de la planta que pueda tener relación con las temáticas a conocer, como son: Gerente de producción, higiene, seguridad y medioambiente, mantenimiento y talleres. En la norma de la ASTM se hace referencias a entrevistas con entes gubernamentales, municipales, vecinos y dueños anteriores, aunque realizar este tipo de entrevistas no es muy común en Argentina.
- Informe: El informe deberá contener un Índice, el Alcance del trabajo, los Hallazgos (condiciones ambientales adversas potenciales o identificadas, condiciones ambientales adversas históricas y aquellas condiciones menores), Opinión, Sugerencias para una Investigación Adicional, “Falta de datos” o Data Gaps y Conclusiones.

4.2.1.1. Objetivo, materiales, métodos y resultados

En diciembre de 2007 se llevó a cabo el proceso de Auditoria Fase I en sitio. El objetivo específico de la misma fue:

- Determinar si el sitio cumple con los estándares corporativos de Higiene, Seguridad y Medio Ambiente (HS&E sigla en inglés) de la empresa y con las leyes aplicables al tipo de industria.
- Generar recomendaciones para la mejora del programa de HS&E.

La Auditoria Fase I se llevó a cabo utilizando como guía la metodología propuesta por la norma ASTM E1527.

Como resultado de esta, se mencionan a continuación los principales hallazgos:

- El Certificado de Aptitud Ambiental del establecimiento estaba vencido al momento de la auditoria.
- El sitio había presentado toda la documentación requerida para obtener el Certificado de Factibilidad de Explotación de Aguas subterráneas de un pozo al acuífero Puelches (2^{do} acuífero) el 16 de diciembre de 2005. Sin embargo, la autoridad no había emitido dicho certificado a la fecha de la auditoría.
- El sitio había solicitado para sus efluentes el Permiso de Vuelco a la ADA el 2 de enero de 2006. A pesar de ello, la autoridad no había emitido el certificado a ese momento.
- Los resultados del monitoreo de aguas subterráneas (enero de 2006 y 2007) de los dos pozos de monitoreo instalados en la planta, indicaron lo siguiente:

- Monitoreo enero 2006: el Freatímetro 2 mostró valores de amonio por encima de los niveles guía de la Tabla 1 del Decreto Reglamentario 831/93 y del Código Alimentario.
- Los límites de detección utilizados por el laboratorio para Cadmio están por encima de los niveles guía mencionados, con lo cual no pudo verificarse el cumplimiento.
- Monitoreo enero 2007: los valores de Cromo total estuvieron por encima de los niveles guía en ambos pozos.

Como resultado de la Fase I se identificó la necesidad de regularizar la situación del CAA y del Certificado de Factibilidad de Explotación de Aguas subterráneas. Así como la recomendación de realizar un estudio de agua subterránea para obtener mayor información sobre las detecciones identificadas en las campañas 2006 y 2007.

Entre la ejecución de la Fase I y el inicio de las tareas de la Fase II, la ADA le solicitó a la empresa la instalación de 2 freatímetros adicionales (F3 y F4) para poder obtener el permiso de explotación de agua. En uno de estos pozos, el F4, se detectaron concentraciones de compuestos orgánicos clorados. Este es el punto de partida para los Estudios de Fase II que se realizaron en el sitio durante los años 2009, 2010 y 2011.

4.2.2. FASE II- Estudios de Caracterización Fase II - (Abr 2009 – Feb 2011)

En base a la norma ASTM E1903 el objetivo principal de este tipo de estudios es obtener información fiable y validada científicamente de la condición ambiental actual de

un sitio, ya sea esta conocida o no. Estos estudios no contemplan de antemano identificar “todas” las posibles condiciones ambientales de un sitio sino fundamentar las evaluaciones, conclusiones y pasos a seguir relacionadas a los CDI para los que se diseñó el estudio. Dentro de los objetivos más generales de este tipo de estudios se encuentran: identificar si hubo liberaciones al ambiente de CDI, generar información a los fines de determinar la existencia de un Pasivo Ambiental y su recomposición, así como poder determinar la valuación económica del mismo a los fines de la compra/venta de dichos inmuebles.

Los pasos de un Fase II son los siguientes:

- Determinar el alcance del estudio: En esta etapa se definen los objetivos del estudio, la o las hipótesis que el resultado del trabajo confirmará o refutará.
- Identificación y definición de las áreas de estudio: En esta parte se limita el alcance del estudio, dirigiendo el mismo a aquellas áreas de relevancia o potencial afectación ambiental.
- Desarrollo del modelo conceptual del sitio: El MCS relaciona las áreas de estudio con los CDI, en función de su comportamiento y los mecanismos de transporte.
- Plan de Muestreo y metodología analítica: aquí se define la lógica de muestreo según el MCS y se seleccionan los métodos analíticos para la identificación de los CDI con un criterio para que los resultados del estudio puedan ser replicables. El muestreo está dirigido a identificar las zonas con presuntas mayores concentraciones de los compuestos tanto en suelo como en agua subterránea.
- Implementación del muestreo y análisis de laboratorio: En esta instancia se desarrollan las tareas de campo delineadas en el plan de muestreo y se realiza el análisis fisicoquímico de las muestras en laboratorio. Durante este proceso se

toma nota de todas las tareas de campo, como ser descripción de perfiles de suelo, mediciones de parámetros de campo, descripciones organolépticas, entre otras, para complementar los datos de laboratorio.

- Validación del Modelo Conceptual del Sitio (MCS): Con los resultados de la instancia anterior, se busca validar (o no) la hipótesis original del trabajo, en función de la presencia o ausencia de CDI en las muestras tomadas. En función de estos resultados, se ajustará el MCS del sitio y se definirá si es necesario continuar con más estudios de caracterización o si la información es suficiente para delinear el problema en suelo y agua y evaluar opciones de remediación.
- Desarrollo de Conclusiones de la Fase II: Basado en los resultados de las etapas anteriores y la validación del MCS, se busca dar respuesta a la pregunta planteada por la hipótesis inicial.
- Reporte de Fase II: Toda la información de interés recabada durante el estudio deberá ser volcada al reporte escrito. El mismo deberá contener: los objetivos, hallazgos, la interpretación y conclusiones, junto con el MCS, el desarrollo de la investigación, las observaciones y los resultados en detalle suficiente (para que el estudio pueda ser replicado) y las conclusiones.

Para generar la información necesaria y cubrir los pasos arriba identificados, se llevaron a cabo las distintas etapas de caracterización que se comprenden en los informes:

- Abril 2009 – Estudio del agua subterránea.
- Abril 2010 – Estudio complementario del agua subterránea.
- Septiembre 2010 – Ronda de muestreo de agua subterránea mayo 2010.
- Febrero 2011 - Ronda de muestreo de agua subterránea y Primer Modelo Conceptual del Sitio.

4.2.2.1. Objetivo

El objetivo principal de este estudio de Fase II es la caracterización del agua subterránea del sitio para comprender el impacto de los solventes clorados en el agua, a fin de establecer el enfoque para abordar los riesgos de esta problemática ambiental.

A partir de las detecciones de HCC en el pozo F4, se debió profundizar el conocimiento existente sobre el área cercana al mismo, a fin de identificar la extensión de la pluma de HCC disueltos y su posible migración fuera del sitio. Para esto se utilizaron métodos de muestreo específicos para este tipo de compuestos.

4.2.2.2. Materiales y Métodos:

Durante esta etapa Fase II se realizaron las siguientes actividades:

- Revisión de la información histórica del sitio: Comprender qué tareas se llevaron a cabo en cada sector de planta para entender su posible relación con la presencia de HCC en el agua subterránea. Revisar los resultados analíticos preexistentes para determinar el set analítico a utilizar. Revisar diseño constructivo de los pozos. Con esta información confeccionar el MCS de sitio base a completar a lo largo del estudio.
- Instalación de 2 pozos de monitoreo (F5 y F6) a 9 m bajo el nivel del terreno (m.b.n.t.) para aumentar la cobertura areal de pozos en planta y en la zona del F4.
- Instalación de 3 pozos profundos (DP1, DP2 y DP3) a profundidades entre 17 y 27 m.b.n.t. debido a que los HCC son más densos (pesados) que el agua. Estos pozos se instalaron en las cercanías de los pozos someros existentes (tipo “clúster”) para tener información a distintas profundidades en la misma zona, para conocer la concentración relativa de HCC en función de la profundidad.

- Toma de muestras de suelo durante las tareas de instalación de pozos para evaluar la presencia de HCC en el suelo, para completar el MCS.
- Nivelación de las bocas de pozos para poder confeccionar planos isofreatícos de planta y con esta información conocer el sentido del flujo del agua subterránea.
- Muestreo de la red completa de pozos de monitoreo a la napa freática para conocer el estado químico del agua subterránea en sus distintas ubicaciones y profundidades y de este modo comprender el comportamiento de la contaminación y las dimensiones de la pluma de compuestos disueltos en el sitio.
- Análisis en laboratorio de las muestras de suelo y agua.
- Análisis de resultados, comparar la información obtenida durante los muestreos con los valores guía establecidos para los distintos compuestos y evaluar la necesidad de implementar instancias adicionales de caracterización o medidas correctivas.

La guía general para la ejecución del estudio de Fase II fue la norma ASTM E1903.

Para la instalación de los pozos de monitoreo se siguieron los lineamientos establecidos en la norma ASTM 5092, esta presenta la guía para el diseño e instalación de freatómetros. Las tareas de perforación fueron ejecutadas por una empresa subcontratista bajo dirección y supervisión de la consultora ambiental.

El muestreo de agua subterránea se realizó a través de una bomba de bajo caudal. Para la toma de muestras de agua se siguieron los lineamientos establecidos en el procedimiento EQASOP-GW4 de la EPA. En este se establecen los rangos de variación para considerar estabilizados los parámetros (pH, Turbidez, Oxígeno disuelto, Temperatura y Potencial RedOx) previo a la toma de muestras.

Los muestreos de agua fueron realizados por personal de un laboratorio habilitado por la OPDS a tal fin. Las mismas fueron analizadas y reportadas bajo protocolo de laboratorio de la OPDS según lo pide la regulación aplicable a la provincia de Buenos Aires. A lo largo del todo el proceso de caracterización y remediación se utilizó al mismo laboratorio de análisis químico, por su calidad y para mantener consistencia analítica.

En la tabla 3 se presenta el set analítico que se utilizó para analizar las muestras de agua, junto con su metodología analítica, envase de muestreo y conservantes.

Tabla 3 - Parámetros y metodología analítica utilizada para el análisis del agua subterránea

Parámetro	Metodología Analítica	Técnica	Envase de muestreo	Conservante
HTP*	EPA 5021 A\3510 C \8015 C	Cromatografía Gaseosa	Botella de vidrio color caramelo + Vial	H2SO4 y Vial HCl
COV**	EPA 5021 A\8260 C	Cromatografía Gaseosa	Vial	HCl
COSV***	EPA 3510 C\8270 D	Cromatografía Gaseosa	Botella de vidrio color caramelo	-
Metales (Hierro y Manganeseo)	SM 3500	Espectrometría por Absorción Atómica	Botella de plástico	HNO3
Sulfatos y Nitratos	SM 4500 -E	Colorimetría	Botella de plástico	-
Alcalinidad Total	SM 2320	Titulación acido-base	Botella de plástico	-
Carbón Orgánico Disuelto	SM 5310	Combustión	Botella de vidrio color caramelo	H2SO4

*HTP: Hidrocarburos Totales de Petróleo

**COV: Compuestos Orgánicos Volátiles

***COSV: Compuestos Orgánicos Semi-volátiles

En la tabla 4 se presenta el set analítico que se utilizó para analizar las muestras de suelo, junto con su metodología analítica, envase de muestreo.

Tabla 4 - Parámetros y metodología analítica utilizada para el análisis del Suelo

Parámetro	Metodología Analítica	Técnica	Envase de muestreo
HTP	EPA 5021 A\ 3510 C\ 8015 C	Cromatografía Gaseosa	Frasco de vidrio
COVs	EPA 5021 A\ 8260 C	Cromatografía Gaseosa	Frasco de vidrio
COSV	EPA 3550 C\ 8270 D	Cromatografía Gaseosa	Frasco de vidrio

Los resultados obtenidos fueron comparados contra los valores guía establecidos en el Decreto 831/94 que reglamenta a la Ley 24.051 de Residuos Peligrosos.

4.2.2.3. Resultados:

Como resultado de esta etapa de investigación, se generó: el modelo conceptual del Sitio, una tabla resumen de resultados analíticos y recomendaciones para la siguiente etapa.

4.2.2.3.1. Información Histórica del Sitio

Se estima que el sitio fue desarrollado para su uso industrial en la década de 1960 y que comenzó sus actividades comerciales en 1961. Se estima que las remodelaciones principales de la planta se realizaron entre los años 1964 y 1968.

Las actividades históricas del sitio consistieron en: manufactura de piezas, mecanizado de piezas, ensamble de partes y empaquetado. Estos procesos se descontinuaron entre las décadas del 80 y 90. Se presume que el uso de tricloroetileno (o productos que los contenían) como desengrasante, estuvo vinculado a estas actividades y se descontinuo junto con ellas a principios de los '90.

Desde su desarrollo industrial, el sitio ha experimentado una serie de cambios en su diseño y operaciones; sin embargo, los edificios y la distribución general de las áreas de proceso y almacenamiento no han cambiado significativamente.

La planta contaba con dos generadores eléctricos alimentados por gasoil, ambos generadores fueron vendidos en el año 2002. A su vez, el proceso de manufactura contaba con torres de enfriamiento, que fueron desmanteladas por estar fuera de uso.

4.2.2.3.2. Geología e Hidrogeología del Sitio

La Geología e Hidrogeología en el subsuelo del sitio se caracterizaron de la siguiente manera:

- Los 26-28 metros superiores del subsuelo están comprendidos por sedimentos limo arcillosos a arcillas limosas. Dichos sedimentos están principalmente formados por cenizas volcánicas de granulometría predominante limosa, acarreadas por el viento. Estas cenizas volcánicas (vidrio volcánico) son químicamente inestables y se degradan naturalmente a arcillas, es por esta razón que no se observan patrones deposicionales en limos y arcillas. Debido a las fluctuaciones en la profundidad del agua subterránea, la precipitación de carbonatos es muy común. La presencia de material calcáreo (nódulos, concreciones, cemento) de “caliche” o “tosca” ha sido observada en este intervalo del perfil.
- El nivel freático en el sitio se encuentra alrededor de los 6 m.b.n.t. (metros bajo el nivel del terreno), pero ha variado históricamente entre 4,3 y 6,8 m.b.n.t. La dirección preferencial del flujo del acuífero somero, teniendo en cuenta los pozos F1 al F6, ha sido generalmente determinada hacia el Oeste, con cierta divergencia al SO y NO respectivamente.

- En el sector Sur-Oeste y en el límite Este del sitio se observó un estrato predominantemente arcilloso, entre los 17-18 m.b.n.t. Este estrato no sería continuo, dado que ha sido descrito en el perfil realizado en el pozo de extracción (PE), en el límite Este, así como durante la perforación de los pozos DP2 y DP3 en el sector Sur-Oeste; pero no se ha descrito en el pozo DP1 ubicado en el límite Sur-Oeste.
- El principal estrato predominantemente arcilloso de mayor continuidad fue identificado entre los 25-28 m.b.n.t., en las porciones Sur-Oeste y Sur-Este del sitio, conformando el acuitardo que separa el acuífero freático del acuífero semiconfinado subyacente.
- De acuerdo con la bibliografía, la conductividad hidráulica del acuífero freático es del orden de 1×10^{-4} cm/seg.

4.2.2.3.3. Características constructivas de los pozos

Todos los pozos de monitoreo en planta se instalaron siguiendo los lineamientos establecidos en norma ASTM D5092 que establece las directrices para el diseño e instalación de freatímetros.

En líneas generales, se menciona que los pozos fueron contruidos en PVC reforzado de 4 pulgadas de diámetro, el espacio anular de la perforación se rellenó con grava de 2-5 mm hasta superar por 1 metro la sección filtrante. Sobre la grava se realizó un sello de cemento/bentonita para aislar la sección filtrante y el espacio anular se completó con mezcla cementicia hasta la superficie. Sobre el nivel de terreno como terminación se colocaron “tapas de vereda” de fundición a nivel.

En la figura 2 se presenta la una ilustración orientativa del esquema/diseño general de los pozos instalados en el predio:

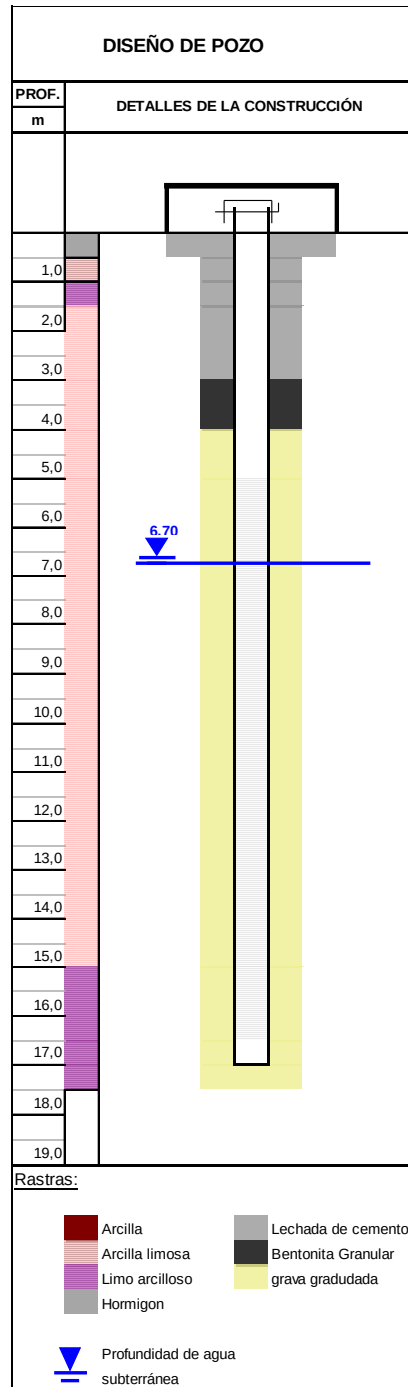


Figura 2- Ejemplo del diseño constructivo de un pozo instalado a 17 metros de profundidad

Tabla 5 - Información de los pozos de monitoreo instalados

ID° Pozo	Profundidad (m.b.n.t.)	Sección Filtrante (m.b.n.t.)	Nivel acotado arbitrario
F1	12	5 a 12	100,000
F2	12	5 a 12	100,064
F3	13,5	4,5 a 13,5	100,131
F4	12	4 a 12	100,082
F5	9	3 a 9	100,127
F6	9	3 a 9	100,127
DP1	27	21 a 27	100,097
DP2	17,85	11,85 a 17,85	100,127
DP3	17	11 a 17	100,152

Los pozos freaticos someros F1 al F6 se instalaron con el propósito de conocer la extensión areal de la afectación del agua subterránea. Los pozos más profundos DP1 al DP3 se instalaron para conocer la extensión en profundidad de la afectación identificada por los primeros pozos.

En la figura 3 se presenta el plano de planta con la ubicación de los pozos de monitoreo instalados durante esta instancia del estudio y los preexistentes (F1, F2, F3 y F4).

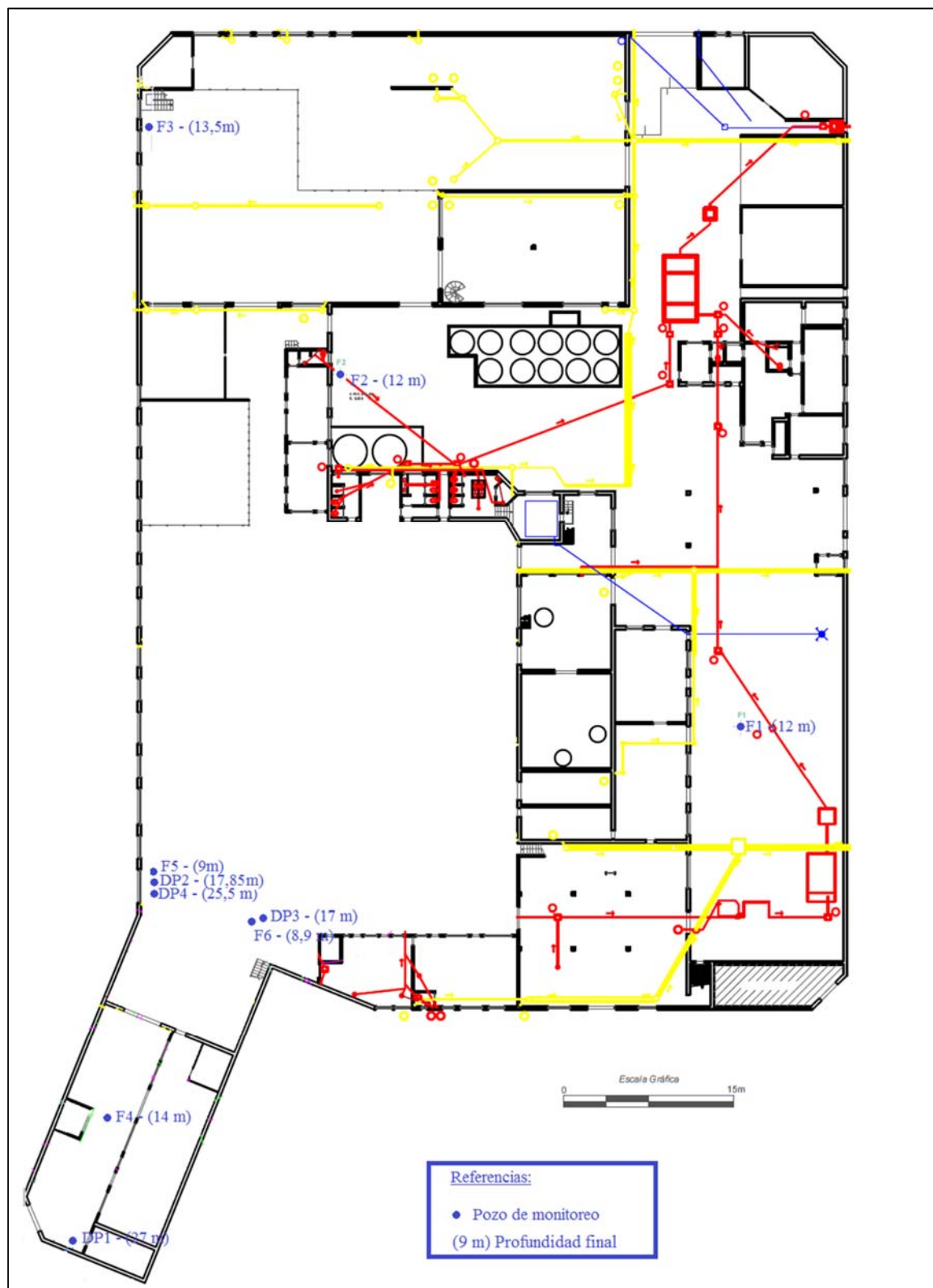


Figura 3 - Plano de Planta con ubicación de los pozos de monitoreo

4.2.2.3.4. Resumen de resultados analíticos

Durante la perforación de los pozos DP2, DP3 y F6 se tomaron muestras de suelo a distintas profundidades, antes de llegar a los 2 m de profundidad. En estas muestras se detectaron Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) en todas las muestras de suelo enviadas para análisis de laboratorio, presentando concentraciones que variaron de 595,2 a 26.924,8 mg/kg.

La normativa provincial no tiene un valor guía definido para HTP, por tal motivo se recurrió a los criterios de referencia de la Lista Holandesa, en la que se establece que el valor de intervención para aceite mineral (comúnmente utilizado para HTP) de 5.000 mg/kg.

Las siguientes muestras superaron dicho valor:

- DP3 (1,6-2,0 m.b.n.t.) = 6.121,1 mg/kg.
- F6 (1,5-2,0 m.b.n.t.) = 26.924,8 mg/kg.

En las muestras no se detectaron compuestos de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y Compuestos Orgánicos Semi Volátiles (COSV), con la excepción de TCE que presentó una concentración de 1,1 mg/kg a F6 (1,5-2,0 m.b.n.t.). Este compuesto no está contemplado en la Tabla IX del Anexo II del Dec. 831/93. Con respecto a Lista Holandesa, esta concentración se mantuvo por debajo del Valor de Intervención (60 mg/kg).

Tabla 6 - Resultados analíticos muestras de suelo (Feb 2010)

Parámetro Analizado	Nº CAS	Método	Unidad	DP2		DP3		F6	Niveles Guía	
				0,4-0,7 m.b.n.t	0,7-1,2 m.b.n.t	0,85-1,00 m.b.n.t	1,6-2,0 m.b.n.t	1,5-2,0 m.b.n.t	Dec. 831/93*	Lista Hol**
HTP	----	EPA 8015	mg/kg	3.741,6	595,2	954,6	6.121,1	26.924,8	NR	5.000
Tricloroetileno	79-01-6	EPA 8260	mg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,1	NR	60

Referencias:

*Decreto 831/93 Anexo II, Tabla IX

**Lista Holandesa

NR: No Regulado

La tabla 7 presenta el resumen de los resultados del muestreo de agua subterránea realizado en febrero de 2011, siendo este el último muestreo de esta primera etapa de caracterización.

Tabla 7 - Resultados analíticos muestras de agua subterránea (Feb 2011)

Parámetros analizado	Unidad	F1	F2	F3	F4	F5	F6	DP1	DP2	DP3	Niveles Guía	
											Dec. 831/93 Anexo II Tabla I	Lista Hol.*
HTP	mg/l	<0,2	<0,2	0,8	0,7	4,4	0,3	<0,2	<0,2	<0,2	NR	0,6
1,1,2-Tricloroetano	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	25,2	9,9	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	6	130
1,1-Dicloroetano	ug/l	<0,3	<0,3	<0,3	28,6	6,8	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,3	10
1,2-Dicloroetano	ug/l	17,9	<1,0	<1,0	1,9	1,5	<1,0	1,5	<1,0	<1,0	10	400
Benceno	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	247	6,2	1,4	7,3	<1,0	<1,0	10	30
Cis-1,2-Dicloroetano	ug/l	<1,0	<1,0	5,9	19.400	22.680	681	502	1.443	387	70	NR
Cloroformo	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	14,7	9,3	4,7	3,6	9	5,2	30	400
Clorometano	ug/l	<1,0	3,9	12,3	<1,0	<1,0	4,5	2,9	4,7	5,1	1,9	NR
Cloruro de Vinilo	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	66,3	28,5	<1,0	<1,0	2,9	<1,0	20	5
Tetracloroetano	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	385	32,9	5,4	3,3	<1,0	<1,0	10	40
Metilazinfos	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	14,7	9,3	4,7	<1,0	9	5,2	100	NR
Trans-1,2-Dicloroetano	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	31,8	37	1,8	1,1	1,9	<1,0	100	NR
Tricloroetileno	ug/l	<1,0	4,4	5,4	7.625	11.950	1.460	1.046	527	948	30	500

Referencias:

*Lista Holandesa

NR: No Regulado

CAS: (Numero del) Chemical Abstract Service Registry

5.4	Resultados por debajo de los valores guía o valor de cuantificación del método
34650.7	Resultados por arriba de los valores guía vigentes al 2011, previo a la Resol 95/14.

Como se puede observar en la tabla resumen del muestreo realizado en febrero del 2011 todos los pozos de planta tienen algún grado de afectación del agua por compuestos clorados, siendo los pozos F4 y F5 claramente los que mayor afectación presentan, tanto por la variedad de HCC como por las concentraciones de los mismos. Dentro de los HCC detectados, destacan el Tricloroetileno y el cis-1,2-Dicloroetano por sus concentraciones. Siendo el primero el agente desengrasante históricamente utilizado en planta y el segundo su principal compuesto de degradación (ver Anexo A - Vías de degradación del PCE) [19].

Durante esta etapa del estudio se realizaron cuatro eventos de muestreo: abril 2009, febrero 2010, mayo 2010 y febrero 2011. El resumen de resultados de estos muestreos se puede encontrar más adelante en la Sección 4.2.3.3.

Cabe destacar que durante los muestreos de febrero y mayo de 2010 se tomaron muestras del pozo de extracción (PE) de planta, instalado a las arenas del acuífero Puelches. En ninguna de estas muestras se detectaron los COI analizados, lo que permitió determinar que el acuífero Puelches no presentaba afectación y que se podía limitar el resto del estudio de caracterización al acuífero freático.

4.2.2.3.5. Primer Modelo Conceptual del Sitio:

A partir del análisis de información antecedente y las tareas realizadas en el sitio, se estableció el siguiente modelo conceptual del sitio:

Los solventes clorados fueron utilizados históricamente en el área de mantenimiento y almacenados en el área de almacén de planta, siendo identificadas estas dos áreas como las Fuentes Potenciales de Afectación (FPA) al suelo y agua subterránea.

A partir de inadecuadas prácticas de manejo y disposición de los HCC durante la operación del sitio hasta la década de los 90, estos se infiltraron por el piso de planta, entrando en contacto con el suelo subyacente y generando la afectación del suelo. Como ya se mencionó en la introducción, estos compuestos luego migraron verticalmente por el perfil del suelo, donde entraron en contacto con la napa freática. Parte de estos compuestos se disolvió en el agua y comenzó a migrar en el sentido del flujo de la misma, mientras los restantes continuaron su migración vertical, hasta alcanzar mayores profundidades del terreno y eventualmente encontrando distintos niveles arcillosos que actuaron como límite para la migración vertical de los compuestos.

El nivel freático medido en los pozos de planta se encuentra aproximadamente a los 6 m bajo nivel del terreno. La dirección del flujo del agua subterránea ha sido determinada hacia el Oeste, con cierta divergencia al SO y NO respectivamente, a partir de los niveles estáticos aforados de los pozos de planta (ver Anexo B – Plano Isofreático).

El pozo F4 está dentro del área histórica de mantenimiento (Area de Interés 1 o ADI-1) y el pozo F5 dentro del área de almacén (Area de Interés 2 o ADI-2). Las elevadas concentraciones de HCC de estos pozos concuerdan con la identificación de estas áreas como FPA.

En la figura 4 se presenta el esquema del MCS donde se encuentran identificados los pozos mencionados.

El resultado de los trabajos realizados confirmó la presencia de HCC en el agua subterránea en concentraciones superiores a las establecidas en la Tabla I del Anexo II del Decreto 831/93 que establece los Niveles Guía de Calidad de Agua para Fuentes de Bebida Humana con Tratamiento Convencional. Las máximas concentraciones se detectaron en los pozos F4 y F5.

Habiéndose confirmado la situación de afectación ambiental del sitio, se recomendó robustecer el MCS realizando las siguientes actividades a fin de definir la metodología de adecuación correspondiente:

- Identificación de posibles receptores dentro y fuera del sitio.
- Profundizar la caracterización de suelo y agua.

4.2.3. FASE III - Estudios de caracterización Fase II

Complementarios y Estudio de Acciones Correctivas - (Abr 2011 – Oct 2013)

La FASE III continúa utilizando las herramientas de la FASE II para la caracterización de sitios y suma en esta instancia la evaluación de riesgos específicos del sitio para determinar la necesidad de realizar acciones correctivas en el mismo. La evaluación de acciones correctivas basadas en riesgo se encuentra detallada a nivel local en la norma IRAM 29590. Esta establece el proceso sistemático para evaluación y remediación de un sitio en el caso de que los compuestos de interés sean mayores que los niveles objetivo de remediación legales o calculados.

Para generar la información necesaria y cubrir los pasos arriba identificados, se llevaron a cabo las distintas etapas de caracterización que se comprenden los siguientes informes:

- Abril 2011 –Relevamiento para la identificación de posibles receptores fuera del sitio.
- Mayo 2011 - Muestreo pasivo de gases del suelo para delimitar zonas fuente y plumas de afectación.
- Julio 2011 - Investigación adicional de suelo y agua subterránea y ajustes al Modelo Conceptual del Sitio.
- Febrero 2012 - Muestreo de agua subterránea diciembre 2011.
- Octubre 2012 - Muestreo de agua subterránea agosto 2012.
- Diciembre 2012 - Trabajos complementarios de delineación de afectación de agua subterránea requeridos por la Autoridad del Agua y Evaluación de Alternativas de Adecuación.
- Octubre 2013 - Presentación del Plan de Adecuación Ambiental.

4.2.3.1. Objetivo

En base a los resultados obtenidos de los trabajos de caracterización realizados hasta febrero 2011 se definió el Plan de Trabajos Complementarios. El objetivo del mismo fue generar información adicional para ajustar los datos del MCS respecto de la extensión areal y en profundidad de la pluma de compuestos clorados en el agua subterránea para poder establecer las Acciones Correctivas para el sitio. Como objetivo adicional, la ADA solicitó que se instale un pozo a la base del Acuífero Pampeano para conocer la calidad

del agua en dicha profundidad. Para lo cual se realizaron estudios con el fin de determinar la posición de las arcillas que constituyen dicha base.

Para completar la información del MCS durante esta investigación se realizaron:

- Identificación de posibles receptores sensibles
- Muestreo pasivo de gases del suelo
- Ejecución de 16 sondeos de suelo
- Muestreo de agua subterránea
- Instalación de un pozo (DP4) a la base del 1^{er} acuífero (Pampeano)

Para estos trabajos se continuó utilizando los lineamientos de la norma ASTM 1903.

Estas tareas se realizaron con el objetivo de evaluar la presencia y distribución de hidrocarburos clorados y de petróleo (incluidos los BTEX) dentro del subsuelo superficial y el agua del sitio. Adicionalmente, se buscó identificar a los posibles receptores de los CDI y de este modo contar con la información necesaria para la toma de decisión sobre las tareas de adecuación/remediación del pasivo ambiental identificado en el sitio.

4.2.3.2. Materiales y Métodos:

4.2.3.2.1. Identificación de Receptores

Para poder realizar una evaluación conceptual de riesgos fue necesaria la identificación de potenciales receptores, lo que se realizó a través de las siguientes actividades:

- Relevamiento de la información disponible en internet de:
 - o Demografía y acceso a servicios públicos del municipio
 - o Tipo de uso, provisión y consumo del agua en el entorno de la planta

- Recorrida del entorno de la planta dentro de un radio de 500 metros para evaluar evidencias del uso/consumo del agua e identificación/censo de receptores sensibles.

4.2.3.2.2. Muestreo Pasivo de Gases

El muestreo pasivo de gases se realizó a través de módulos de GORE-SORBER® provistos por el laboratorio GORE de Estados Unidos. Cada uno de estos módulos contiene adsorbentes (carbón activado y resinas poliméricas específicas), que por su afinidad cubren un amplio espectro de adsorción de COV y COSV. Los adsorbentes están enfundados en un cordón inerte, hidrófobo, microporoso y permeable a los gases.

Esta tecnología está aprobada por la EPA de los Estados Unidos, a través de su programa de Verificación de Tecnología Ambiental (ETV), tanto para el muestreo de gases del suelo como de aguas subterráneas según el documento EPA/600/R-98/095. [20]



Figura 5 - Viales conteniendo módulos de muestro de gases pasivos del suelo

El muestreo pasivo de gases se realizó siguiendo los lineamientos establecidos en conjunto con el laboratorio. Para realizar el muestreo de gases del suelo se debieron instalar los módulos dentro de sondeos del suelo colgando de un tapón que sella el orificio en superficie, para así evitar que los gases del suelo se escaparan al ambiente. Pasado el tiempo de residencia, recomendado por el laboratorio, de los muestreadores dentro del suelo, se los retiró y se los colocó dentro de sus respectivos frascos para su envío al laboratorio. Como resultado de este estudio se obtuvo el detalle de las detecciones discriminadas por módulo y compuestos, así como mapas de isoconcentración por compuesto de interés seleccionado.

Se colocaron un total de 26 módulos, cada uno dentro de una perforación de aproximadamente 5 cm de diámetro y aproximadamente de 0,25 a 0,50 m por debajo de la base del contrapiso. La distribución de los mismos buscó cubrir la mayor parte de la superficie de la planta y más específicamente la comprendida por los pozos de interés. Los muestreadores se dejaron dentro del subsuelo durante un período de 14 días. Se completó una hoja de registro de instalación y recuperación para cada una de las perforaciones avanzadas durante esta investigación. La información relevante observada durante los trabajos de perforación se registró en las planillas de campo.

Todos los módulos se analizaron en el laboratorio siguiendo los métodos de USEPA 8260/8270, utilizando cromatografía de gases (GC) y detección de espectroscopia selectiva de masas (MS) luego de la desorción térmica. Los resultados fueron informados como masa de contaminante y con estos valores se generaron mapas de distribución del contaminante en base a una escala colorimétrica. Dentro de estos mapas, a las zonas con

valores más altos se los asocio o consideró como anomalías, zonas fuente o pluma de contaminación, según el contexto de su ubicación y la información que se tiene del sitio.

4.2.3.2.3. [Estudios de suelo y agua](#)

Para los estudios analíticos de suelo y agua se continuó con los mismos lineamientos que se utilizaron para los trabajos anteriores, lo mismo que para la instalación del nuevo pozo profundo de monitoreo.

4.2.3.2.3.1. [Suelo](#)

Con el fin de ajustar los resultados obtenidos del muestreo pasivo de gases de suelo se ejecutaron 16 sondeos de suelo distribuidos por planta. Los primeros 2 m se realizaron por medio de barreno manual y después se continuaron utilizando una máquina de perforación en seco helicoidal hasta los 5,5 m de profundidad, donde comenzaba la zona de ascenso de la napa. De cada punto de muestreo se tomaron 2 muestras, la primera a 1,5 m de profundidad y la segunda a los 5,5 metros. Cada muestra fue dispuesta en viales de 40 ml para análisis de COV. En el Anexo C – Ubicación de los sondeos de suelo, se puede encontrar la ubicación de cada uno de los sondeos realizados.

4.2.3.2.3.2. [Agua](#)

Para completar la información sobre la afectación a la base del acuífero en la zona del pozo F5, se instaló el pozo DP4 a 26 m.b.n.t., profundidad a la que se detectó la arcilla del acuitardo.

Antes de su perforación, con el fin de generar información referida a la secuencia litológica existente en el sitio (en particular en relación a la presencia de niveles arcillosos y a la profundidad y espesor de las arcillas que constituyen la base de la Formación y

Acuífero Pampeano), se realizó el perfilaje con registro de Rayos Gamma a pozo entubado, del pozo de extracción (PE) de agua existente en el predio con una profundidad total de aproximadamente 57 m, confirmándose el acuitardo entre los 26 y 29 m.b.n.t.

El pozo fue encamisado con caños y filtros de PVC geomecánico de 4" de diámetro de abajo hacia arriba, se constituyó con un tramo ciego de 1 m de longitud cerrado en su extremo inferior con tapa de PVC, a continuación una sección de filtro de 2 m de longitud, con ranurado de espaciado milimétrico y con abertura de ranura de aproximadamente 1 mm, y el resto con cañería camisa ciega hasta la superficie.

El espacio anular entre la pared del pozo y el filtro se rellenó con grava seleccionada, formando el prefiltro desde el fondo del pozo y hasta superar por 1 metro el tope del tramo de cañería filtro. Por encima del prefiltro de grava se colocó un sello de bentonita, formando un tapón de aproximadamente 2 m de espesor, y se completó el espacio anular hasta la superficie, con una lechada espesa de cemento-bentonita.

Con la instalación de este nuevo pozo de monitoreo se completó el conjunto o "cluster" de pozos en la zona del pozo F5, para el monitoreo de las distintas profundidades freáticas: F5 para el control del acuífero freático somero (profundidad total 9 m), DP2 para el acuífero freático sobre la intercalación arcillosa local (profundidad total 18 m) y DP4 para la base del Acuífero Pampeano (profundidad total 26 m) sobre el acuitardo.

4.2.3.3. Resultados:

4.2.3.3.1. Identificación de Receptores para evaluación conceptual de riesgos

En las cuadras alrededor de la planta hoy se encuentran casas residenciales, comercios, talleres y algunas industrias dando lugar a un uso de la tierra que tiene intercalados los usos residenciales, comerciales e industriales. La parte residencial pertenece al segmento clase media a clase baja. Los comercios son pequeños, salvo algunas excepciones y principalmente se encuentran sobre la avenida. La parte industrial está compuesta por industrias medianas a chicas, que no conforman un parque industrial y están distribuidas por el municipio.

En la evaluación conceptual de riesgos a la salud y el ambiente se evalúan las vías de exposición completas de los potenciales receptores que podrían estar expuestos a la contaminación, dependiendo de los mecanismos de transporte y las vías de exposición de la contaminación. En el Anexo D – Diagrama paso a paso para la evaluación de escenario de exposición se puede ver la relación entre las Fuentes (primarias y secundarias), los mecanismos de transporte y las vías de exposición.

Siendo las fuentes secundarias de contaminación el suelo con concentraciones residuales de solventes y el agua subterránea afectada de planta, se pueden identificar como mecanismos de transporte:

- 1) Volatilización y acumulación en espacios cerrados;
- 2) Lixiviación y transporte en agua subterránea.

En cuanto a las vías de exposición de los receptores humanos se consideró:

- a) Inhalación;
- b) Uso de agua eventualmente para Consumo;
- c) Uso recreativo del agua.

En principio, el contacto directo con el suelo contaminado se descarta por considerar que las fuentes están dentro de planta y bajo del contrapiso de material y no se prevén actividades que impliquen su excavación.

La vía de exposición “a)” Inhalación está vinculada con el mecanismo de transporte 1 Volatilización Espacio cerrado y 2 Lixiviación al agua subterránea, o sea de la migración de volátiles desde el suelo y agua somera afectada principalmente dentro del ámbito de la planta, siendo los posibles receptores de estos gases los empleados de la planta.

En cuanto a las vías de exposición “b)” Agua Consumo y “c)” Agua Uso Recreativo están vinculadas con el mecanismo de transporte 2) Lixiviación al Agua Subterránea y éstas no solo son un riesgo para el personal de planta, sino que también un riesgo potencial para personas fuera del predio que se encuentren aguas abajo de planta.

Sin embargo, durante las tareas de caracterización y relevamiento de receptores, se determinó por medio de un plano perteneciente a AySA (Agua y Saneamientos Argentinos), que la zona circundante a planta cuenta con suministro de agua de red. Y en la planta se confirmó que el agua utilizada en el predio también es del servicio de provisión de agua, por lo cual los escenarios potenciales “b)” Agua de Consumo y “c)” Agua Uso Recreativo fueron descartados. Esta relativización del riesgo, en caso de confirmarse Provisión de Agua por Red, se manifiesta en Artículo 8 de la Resolución 95/14 que permite en estos casos aplicar a los valores guía para del Decreto 831/93 un

factor de multiplicación por diez (10) de los valores guía de aguas para Fuentes de Bebida Humana con Tratamiento Convencional

Después de revisar los diferentes tipos de información disponible e integrarlos a los datos recopilados en el reconocimiento de campo, no se puede descartar la existencia de receptores sensibles que pueden estar expuestos a algún tipo de contacto directo con el agua subterránea, particularmente en la dirección del flujo aguas abajo del sitio. Pero teniendo en cuenta que en la zona existe un sistema de provisión de agua potable, se considera que hay un riesgo bajo de contacto con la contaminación por esta vía, aunque no se puede descartar la existencia de pozos de extracción de agua instalados al acuífero freático para potencial uso recreativo (llenado de piletas, por ejemplo) en las zonas residenciales cercanas a planta.

4.2.3.3.2. Muestreo Pasivo de Gases del Suelo:

Los 26 módulos de muestreo de gases fueron distribuidos de modo tal que cubrieran el área de interés alrededor de los pozos F4 y F5. Para esto, se utilizaron 16 muestreadores, los 10 restantes se utilizaron para cubrir un área mayor de planta a fines de delimitar/detectar la zona de afectación principal.

Los resultados analíticos obtenidos fueron plasmados en distintos planos de iso-valores de masa por cada compuesto o grupo de compuestos. Los resultados analíticos están expresados en masa (ug), con lo cual no son directamente comparables con concentraciones en suelo o agua ni valores guía.

En las figuras 6 y 7 se presentan los planos de iso-masa para TCE y Compuesto Clorados Totales.

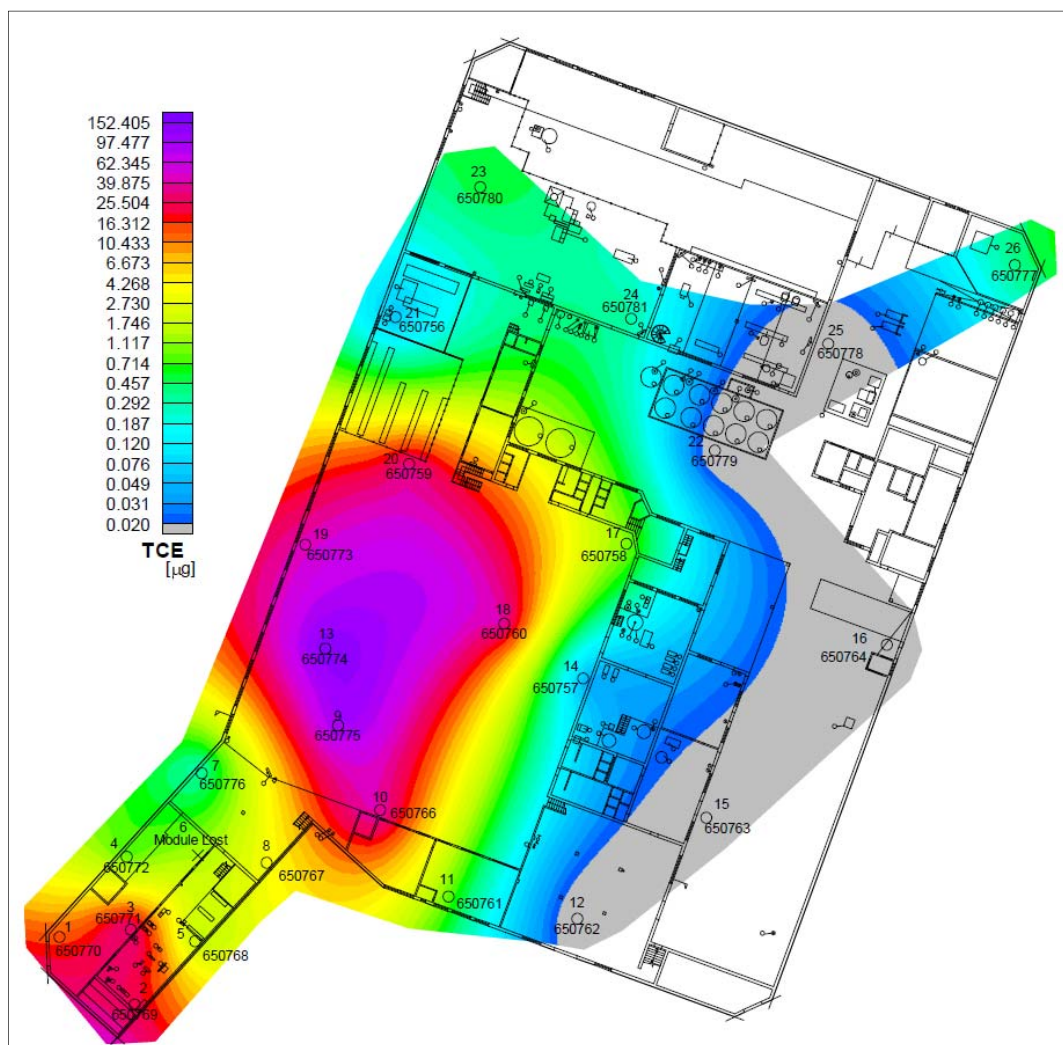


Figura 6 - Plano de resultados de iso-masa de TCE en el predio

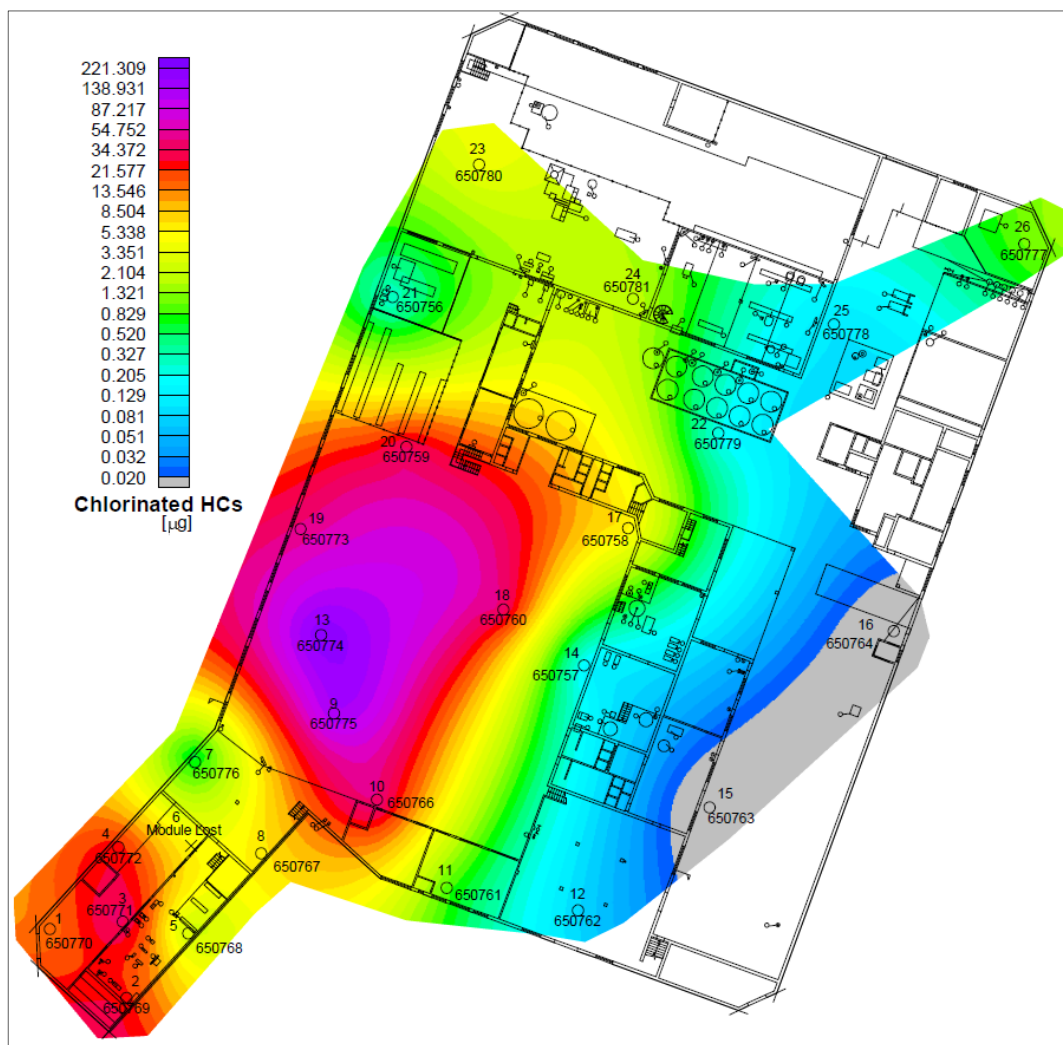


Figura 7 - Plano de resultados de iso-masa de HCC en el predio

Como ya se mencionó anteriormente, los resultados del muestreo de gases de suelo no se pueden comparar directamente con concentraciones de los compuestos en suelo. Esto se debe a que el resultado del muestreo de gases depende por un lado del tiempo de exposición que se dejen los muestreadores instalados en el terreno y, por el otro, del hecho de que los gases que son captados por estos pueden ser producto de la volatilización de compuestos desde el suelo y/o desde el agua. Además de lo ya mencionado, el hecho de que la planta cuente con un piso de material (de unos 40 cm de espesor) podría generar una acumulación de gases al limitar su migración hacia la atmosfera, como sucedería en

una superficie de suelo natural o vegetal, y por ende no teniendo una relación directa con la concentración actual en suelo o agua.

En los planos de iso-masa presentados se puede identificar que la afectación de hidrocarburos clorados y en particular de TCE se encuentra dividida en dos sectores, el mayor en el centro de planta, cubriendo parte del **ADI-2** (zona del pozo F5) donde se realizaba el almacenamiento de productos y la menor en la **ADI-1** (zona del pozo F4) más al sudoeste (SO) correspondiente al área donde se realizaban las tareas de mantenimiento. Esto, además correlaciona bien con los sectores de mayores hallazgos identificados en los muestreos de agua previos.

Para corroborar estos resultados se realizaron muestreos de suelo en dichas áreas de afectación, los cuales se describen a continuación.

4.2.3.3.3. [Estudios de suelo y agua](#)

4.2.3.3.3.1. [Suelo](#)

Se ejecutaron 16 sondeos de suelo distribuidos por planta, de los cuales se tomaron muestras a dos profundidades (32 muestras en total). No fue detectada la presencia de COV incluyendo solventes clorados en 31 (treinta y uno) muestras de suelo analizadas.

En una sola muestra del punto de muestreo Sb4 ubicada dentro del ADI-1 se detectaron leves concentraciones de Tricloroetileno (3,33 mg/kg) y cis-1,2-Dicloroetano (0,68 mg/kg). Estos compuestos no se encuentran regulados por el decreto 831/93 para suelo.

4.2.3.3.2. Agua

De las tareas de perforación del pozo DP4 y del perfilaje gamma del pozo de extracción (PE) de planta se pudo deducir/estimar la siguiente secuencia sedimentológica para el sitio:

Tabla 8 - Secuencia sedimentológica en el predio según perfilaje gamma

Profundidad aproximada (m.b.n.t.)	Litología
1 a 6	Limo muy arcilloso
6 a 29	Limo y tosca (con intercalaciones arcillosas de 9,5 a 10,5 y 18,5 a 19,5 m.b.n.t.) (Acuífero freático y/o Pampeano)
29 a 31,5	Arcilla (Acuitardo)
31,5 a 34,5	Arena arcillosa
34,5 a 51	Arena mediana a gruesa (Acuífero Puelches)
51 a 56	Arena mediana a fina (Acuífero Puelches)

El perfilaje de Radiación Gamma Natural del pozo de extracción (PE) registró la presencia de un nivel arcilloso entre los 29 y los 31,5 m.b.n.t. aproximadamente, por debajo de los cuales se observó el registro característico de niveles arenosos que corresponderían en este caso a las Arenas Puelches. Teniendo en cuenta esta información, se decidió perforar el pozo DP4 hasta alcanzar las arcillas de la base del Pampeano, a unos 28 m.b.n.t., profundidad similar a la observada en el perfilaje del pozo PE.

Finalmente, el pozo de monitoreo se instaló a una profundidad de aproximadamente 26 m (25,80 m) donde aumentaba considerablemente la presencia de arcillas. El tramo filtrante se instaló entre los 25 y los 23 m.b.n.t., lo que correspondería a la *porción basal del Acuífero Pampeano*, conforme a la información obtenida del perfilaje. En la figura 8 se presenta la correlación entre los perfiles de Radiación Gamma Natural realizados el pozo de extracción (PE) y el pozo DP4.

Correlación entre los Perfiles de Radiación Gamma Natural realizados en PE y en DP4

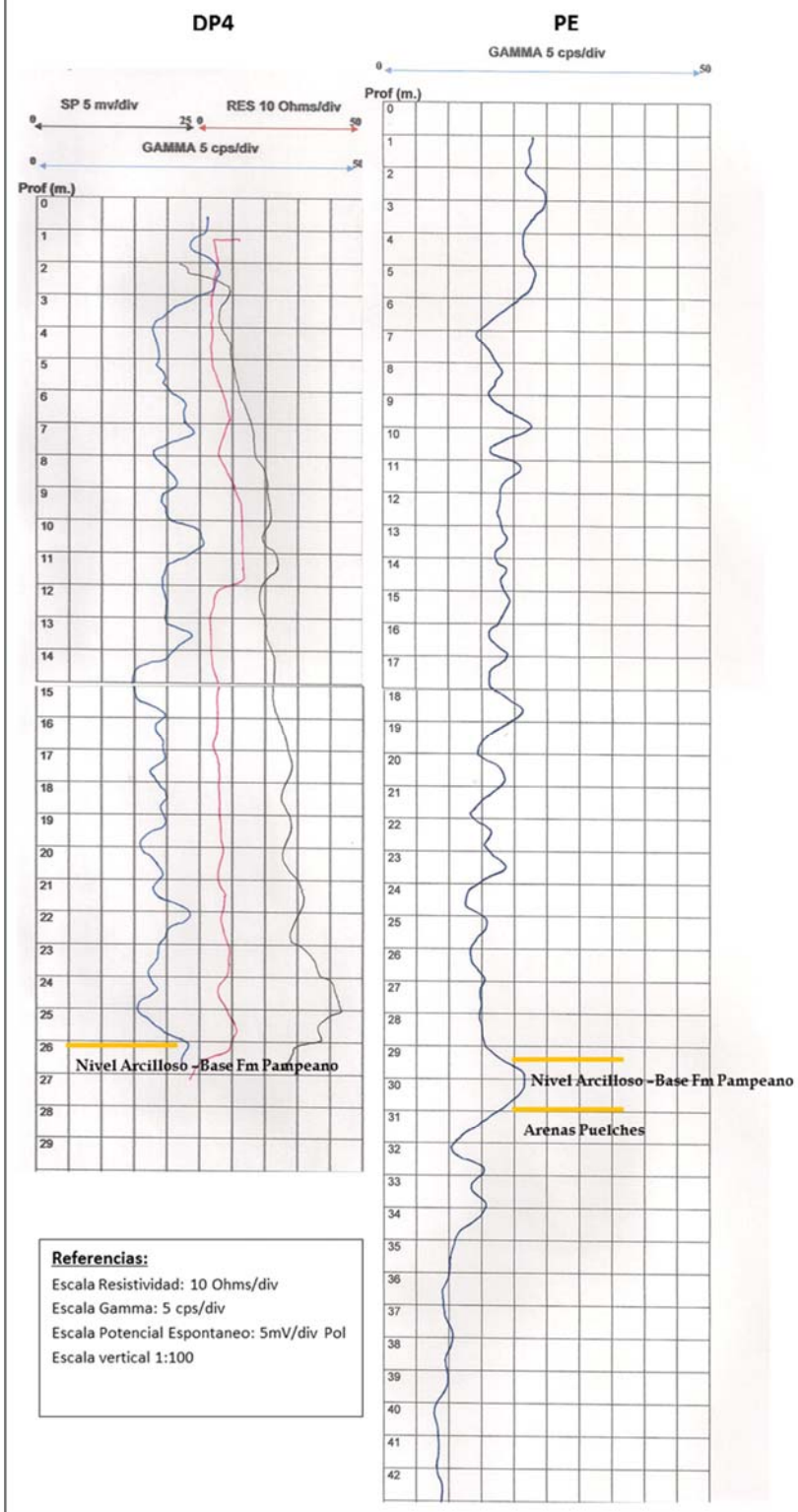


Figura 8 - Correlación entre perfiles de pozos DP4 y PE

Con la instalación del pozo de monitoreo DP4, el predio cuenta con una red de monitoreo freática que cubre la totalidad del predio de Planta, y “clústers” o grupos de pozos para monitoreo de calidad del agua a distintas profundidades en los sectores donde se determinó la afectación del agua por presencia de compuestos clorados. Allí se cuenta con pozos freáticos someros (F4, F5 y F6) instalados a 9-12 m.b.n.t. en el tramo superior del acuífero, pozos freáticos semiprofundos (DP2 y DP3) instalados sobre el nivel arcilloso local identificado a 17 m.b.n.t. y pozos pampeanos (DP1 y DP4), ubicados a 26-27 m.b.n.t. en la base del Acuífero Pampeano, inmediatamente por encima del nivel arcilloso identificado en el perfilaje y muestreos como la base del acuífero pampeano.

Con esta distribución de pozos, el extremo SO del predio cuenta con pozos de monitoreo que permiten hacer el seguimiento de la calidad del recurso a distintas profundidades en el acuífero integrado por el Acuífero Freático más el Acuífero Pampeano (subyacente), ubicados por encima del Acuífero Puelches.

4.2.3.3.4. Resultados Analíticos

En las tablas 9 y 10 se presenta el resumen de los resultados de todas las campañas de muestreo realizadas desde el inicio de la caracterización.

Tabla 9- Resultados analíticos históricos de agua subterránea pozos F1, F2, F3 y F4

Parametros Analizados	Unidad	F1						F2						F3						F4						Criterios de Referencia
		2009	2010	2011			2012	2009	2010	2011			2012	2009	2010	2011			2012	2009	2010	2011			2012	Decreto 831 - Tabla 1 del Anexo II
		Abril	Febrero	Febrero	Junio	Diciembre	Agosto	Abril	Febrero	Febrero	Junio	Diciembre	Agosto	Abril	Febrero	Febrero	Junio	Diciembre	Agosto	Abril	Febrero	Febrero	Junio	Diciembre	Agosto	
HTP	mg/l	<0.2	<0.2	<0.2	<0.5	<0.50	<0.50	<0.2	<0.2	<0.2	<0.5	<0.50	<0.50	<0.2	<0.2	0.8	<0.5	<0.50	<0.50	<0.2	0.8	0.7	<0.5	<0.50	<0.50	0.6 *
Benceno	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	695	787	247	526	529	342	10
Tetracloroetano	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	176.7	260	385	130	51.2	31.8	10
Tricloroetileno	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	15.8	<1.0	4.4	17.9	3.8	<1.0	<1.0	3.1	5.4	11.2	6.8	2.9	11483	21774	7625	10090	8510	8060	30
cis-1,2-dicloroetano	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.3	<1.0	<1.0	<1.0	5.9	<1.0	8.3	5.5	<1.0	34650	19400	53070	31020	33060	70
trans-1,2-dicloroetano	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	31.8	63.5	48.0	32.9	100
1,1-dicloroetano	ug/l	<0.3	<0.3	<0.3	<1.0	<1.0	<1.0	<0.3	<0.3	<0.3	<1.0	<1.0	<1.0	<0.3	<0.3	<0.3	<1.0	<1.0	<1.0	27.3	79	28.6	70.4	51.3	29.8	0.3
Cloruro de vinilo	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	66.3	244	243	285	20
Tetracloruro de carbono	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	3
Cloroformo	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	14.7	24.3	18.4	12.3	30
Cloruro de metileno	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	50
Clorometano	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	3.9	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	12.3	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.9
1,1,2-tricloroetano	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	25.2	<1.0	<1.0	<1.0	6
1,2-dicloroetano	ug/l	<1.0	<1.0	17.9	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.9	<1.0	<1.0	<1.0	10
Chloroethane	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	NR
1,2,3-trimetilbenceno	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	NR
1,3,5-trimetilbenceno	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	NR
Isopropilbenzeno	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	16.6	<1.0	20.0	13.8	19.4	NR
Naftaleno	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	NR
Referencias:																										
*		Valor de referencia de la Lista Holandesa para "Mineral Oil"																								
NR:		No Regulado																								
<1.0:		Resultados por debajo del limite de cuantificacion del metodo analitico																								
5.4		Resultados por debajo de los criterios de referencia																								
34650.7		Resultados por arriba de los valores guía vigentes al 2012, previos a Resol 95/14																								

Tabla 10- Resultados analíticos históricos de agua subterránea pozos F5, F6, DP1, DP2, D3 y DP4

Parametros Analizados	Unidad	F5					F6					DP1					DP2					DP3					DP4	Criterios de Referencia
		2010	2011			2012	2010	2011			2012	2010	2011			2012	2010	2011			2012	2010	2011			2012	2012	
		Febrero	Febrero	Junio	Diciembre	Agosto	Febrero	Febrero	Junio	Diciembre	Agosto	Febrero	Febrero	Junio	Diciembre	Agosto	Febrero	Febrero	Junio	Diciembre	Agosto	Febrero	Febrero	Junio	Diciembre	Agosto	Octubre	
HTP	mg/l	1.7	4.4	<0.5	<0.50	<0.50	<0.2	0.3	<0.5	<0.50	<0.50	<0.2	<0.2	<0.5	<0.50	<0.50	<0.2	<0.2	<0.5	<0.50	<0.50	<0.2	<0.2	<0.5	<0.50	<0.50	<0.50	0.6 *
Benceno	ug/l	4.3	6.2	3.2	<1.0	6.9	<1.0	1.4	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	7.3	12.3	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	10
Tetracloroeteno	ug/l	48.5	32.9	18.7	19.3	20.1	5.4	5.4	<1.0	<1.0	<1.0	2	3.3	1.1	<1.0	12.2	2	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	10
Tricloroetileno	ug/l	28768	11950	14060	7360	8710	2773	1460.0	1566	1927	590	1053	1046	13410	2850	4940	1121	527	878	621	414	714	948	1432	169	722	253	30
cis-1,2-dicloroeteno	ug/l	18879	22680	30360	34700	47400	959	681	663	1268	180	146	502	5920	755	400	863	1443	3419	2676	322	253	387	584	82	170	162	70
trans-1,2-dicloroeteno	ug/l	19.2	37.0	46.9	15.6	80.7	<1.0	1.8	1.4	1.5	<1.0	<1.0	1.1	2.1	<1.0	1.7	<1.0	1.9	4.1	2.2	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	100
1,1-dicloroeteno	ug/l	<0.3	6.8	4.7	<1.0	13.8	<0.3	<0.3	<1.0	<1.0	<1.0	<0.3	<0.3	<1.0	<1.0	<1.0	<0.3	<0.3	<1.0	<1.0	<1.0	<0.3	<0.3	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	0.3
Cloruro de vinilo	ug/l	<1.0	28.5	27.3	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	4.7	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	36.3	<1.0	2.9	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	20
Tetracloruro de carbono	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	3
Cloroformo	ug/l	<1.0	9.3	8.0	6.9	8.1	<1.0	4.7	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	3.6	6.5	3.8	10.5	<1.0	9.0	8.3	9.2	<1.0	<1.0	5.2	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	30
Cloruro de metileno	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	50
Clorometano	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	4.5	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	2.9	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	4.7	7.3	<1.0	<1.0	<1.0	5.1	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.9
1,1,2-tricloroetano	ug/l	<1.0	9.9	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	6
1,2-dicloroetano	ug/l	<1.0	1.5	7.7	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	4.4	<1.0	<1.0	<1.0	1.5	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	10
Chloroethane	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	NR
1,2,3-trimetilbenceno	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.7	NR
1,3,5-trimetilbenceno	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.4	NR
Isopropilbenceno	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	NR
Naftaleno	ug/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	4.2	NR

Referencias:

* Valor de referencia de la Lista Holandesa para "Mineral Oil"

NR: No Regulado

<1.0: Resultados por debajo del limite de cuantificacion del metodo analitico

5.4 Resultados por debajo de los criterios de referencia

34650.7 Resultados por arriba de los valores guía vigentes al 2012, previos a Resol 95/14

De las tablas de resultados del agua subterránea presentadas se pueden hacer las siguientes observaciones:

- En los últimos tres eventos de muestreo realizados, en los pozos F1, F2 y F3 no se detectaron concentraciones que superen los valores guía establecidos en la normativa de referencia, para ninguno de los compuestos analizados.
- Los pozos F4 y DP1 se encuentran dentro de la ADI-1. El pozo DP1 se instaló en esta área para evaluar la condición del agua en la sección inferior (27m) del acuífero freático. La analítica de este pozo confirma la presencia de CDI en profundidad, como era de esperarse, tratándose de compuestos clorados más densos que el agua, aunque en menores concentraciones que las que se detectaron en el pozo más superficial F4.
- Los pozos F5, F6, DP2, DP3 y DP4 corresponden al ADI-2. En esta área, los pozos DP2, DP3 y DP4 fueron instalados a distintas profundidades para evaluar la evolución de la contaminación en función de la profundidad. Los pozos DP2 y DP3 se instalaron a 17 m donde se encuentra una lente de arcilla discontinua y el DP4 se instaló a 26 m sobre las arcillas que separan el acuífero Pampeano del Puelches. En los tres pozos profundos se detectaron concentraciones de HCC excediendo los valores guía adoptados para el sitio (antes de que la resolución 95/14 permitiera usar valores guía $\times 10$). En esta área la concentración de los HCC iba disminuyendo en función de la profundidad, siendo el pozo F5 el que mostró mayores concentraciones.

4.2.4. FASE III - Selección de Alternativas de Remediación y Plan de Adecuación

Con toda la información precedente se actualizó y completó el modelo conceptual del sitio original.

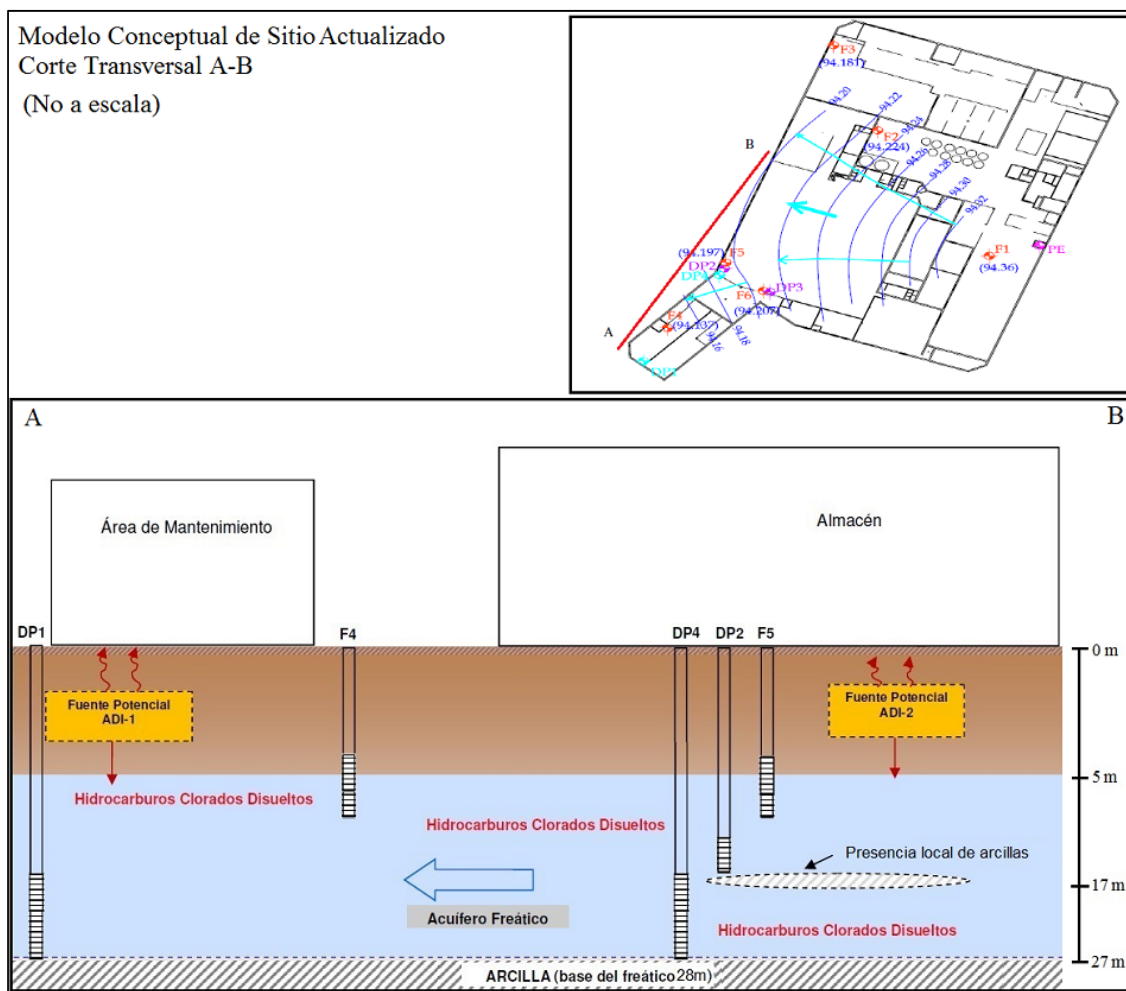


Figura 9 - Actualización del Modelo Conceptual, vista en planta y corte transversal

Se confirmaron como Áreas de Interés: el área de mantenimiento (ADI-1) y el área de almacenes (ADI-2).

Con respecto a las fuentes se consideró que la contaminación se generó por el mal manejo (uso, almacenamiento y disposición) de los solventes clorados utilizados en planta y que estos de algún modo habrían entrado en contacto con el suelo subyacente de planta a lo largo de los años. Siendo el suelo subyacente de planta en las zonas las ADI-1 y 2 una posible fuente secundaria de afectación al acuífero.

De la información analítica recolectada durante la investigación, para el agua subterránea se definieron como principales compuestos de interés a los siguientes: Tetracloroetano (o Percloroetileno PCE), Tricloroetileno (TCE), Cis-1,2-dicloroetano (cis-1,2-DCE); 1,1-Dicloroetano (1,1-DCE), y Cloruro de Vinilo (CV). Todos estos compuestos superaron los valores guía establecidos en la Tabla 1 - “Niveles Guía de Calidad de Agua para Fuentes de Bebida Humana con Tratamiento Convencional” del Anexo II del Decreto 831/93. En el caso del TCE y cis-1,2-DCE, que son los compuestos que se detectaron en mayor concentración, en el último muestreo (2012) las mayores concentraciones detectadas de estos compuestos superaron el valor guía 290 veces para TCE y 677 veces para cis-1,2-DCE.

Con estas concentraciones estaba claro que había que implementar medidas de adecuación/remediación de la condición del agua subterránea.

Para la selección de las alternativas de remediación se recurrió a Tabla 3-2 “Screening Matrix” de la “Federal Remediation Technologies Roundtable”, la tabla se incluye en el Anexo E. Esta es una tabla en la que se encuentran listadas las distintas tecnologías de remediación según diferentes criterios como ser: tratamientos de suelo o agua, técnicas “*in-situ*”, “*ex-situ*”, clasificando de este modo las metodologías. Cada una de estas metodologías es ponderada relativamente entre varios factores como ser: aplicabilidad

para tratar los compuestos a remediar, costo, operación y mantenimiento, tiempo (duración de la remediación), entre otros.

Los CDI detectados principalmente en las muestras de agua subterránea son Compuestos Orgánicos Volátiles (COV). Las tecnologías de remediación consideradas (y que luego serían seleccionadas) se basaron en la alta volatilidad de dichos CDI, en las características hidrogeológicas del sitio y en la factibilidad de la aplicación de dichas técnicas.

En el caso bajo estudio, las alternativas seleccionadas y propuestas para realizar el tratamiento/adecuación de la condición ambiental identificada fueron:

- Extracción de Dos Fases por Vacío (E2FV) para la zona no saturada y la sección somera del acuífero;
- Bombeo y Tratamiento (B&T) para la sección profunda del acuífero pampeano.

Con la finalidad de remediar el suelo y el agua subterránea somera en simultáneo, se propuso el uso de un Sistema de Extracción de Dos Fases para el suelo y el agua subterránea somera en las áreas de mayor afectación, así como en las probables fuentes secundarias (ADI 1 y 2). Además, se propuso que dicho sistema sea complementado con un Sistema de Bombeo y Tratamiento para la sección profunda del acuífero freático y Pampeano.

El objetivo principal de estas acciones correctivas es mitigar todos los riesgos de exposición para los potenciales receptores, tanto dentro de la planta como eventualmente fuera de ella, por medio de la reducción significativa de las concentraciones de CDI en el sitio; y minimizar la potencial migración fuera del sitio (si existiera) de los compuestos detectados.

Cabe aclarar que estas tecnologías también son aptas y aplicables para tratar las concentraciones de TPH que se detectaron en la zona de estudio durante las tareas de investigación de suelo.

En la figura 10 se presenta el diagrama del sistema de extracción y remediación.

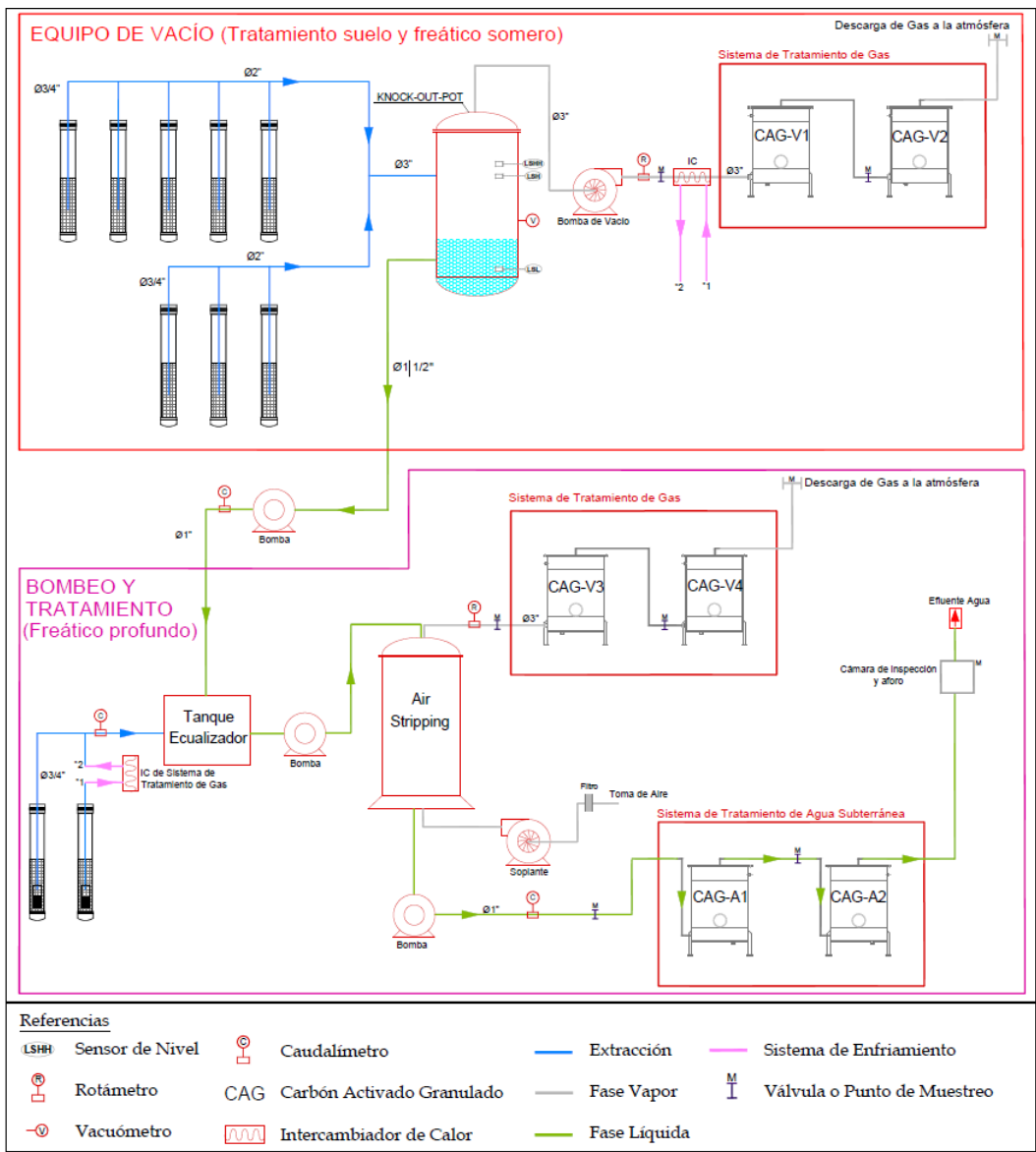


Figura 10 - Diseño esquemático del sistema de remediación

4.2.4.1. Sistema de Extracción de Dos Fases por Vacío (E2FV)

La tecnología de remediación E2FV permite la remediación *in-situ* en simultáneo del agua subterránea y del suelo. Esta tecnología realiza la extracción de agua subterránea superficial y de los gases del espacio poroso de la zona no saturada (o vadosa) del suelo.

Es una tecnología de remediación *in-situ* que consiste en la generación de vacío por un equipo en superficie y su propagación en el subsuelo a partir de los distintos pozos de extracción instalados para tal fin en la zona de interés. Mediante esta tecnología se obtienen dos fases o corrientes, una líquida y otra gaseosa (ambas conteniendo el contaminante volátil, en este caso HCC), confiriéndole aplicabilidad tanto para agua subterránea (somera) como para la zona no-saturada mediante la extracción de vapores. El agua y el efluente gaseoso extraídos son tratados en superficie previo a su descarga al aire y en el punto de vuelco del efluente líquido. Se trata de una tecnología desarrollada y ampliamente utilizada para la remediación de HCC. Esta tecnología requiere de la instalación de pozos específicos para la extracción de dos fases.

Las fases líquida y gaseosa son tratadas por separado. La finalidad del tratamiento es obtener una corriente de líquidos y otra de gases que cumplan con los valores permitidos de descarga. Esto se realiza de la siguiente manera:

- La fase líquida es tratada mediante la aplicación de una contra-corriente de aire dentro de una torre de desorción (o torre de stripping), y posteriormente con el pasaje por un filtro de Carbón Activado Granulado (CAG) que adsorbe los contaminantes de la corriente. (ver sección 4.2.4.3 Tratamiento, más adelante).

- La fase vapor también es tratada mediante el pasaje por un filtro de carbón activado granulado que adsorbe los contaminantes de la corriente, antes de su descarga a la atmósfera.

El material filtrante CAG una vez saturado debe disponerse en tratadores de residuos especiales autorizados y debe obtenerse el certificado de tratamiento/disposición correspondiente.

4.2.4.2. Sistema de Bombeo y Tratamiento (B&T)

La tecnología de remediación “Sistema de Bombeo y Tratamiento” permite la extracción del agua desde la sección profunda del acuífero freático y el tratamiento de la misma previo a su descarga en punto de vuelco.

Esto consiste en la extracción de agua del acuífero de interés para luego ser tratada en superficie (ver sección 4.2.4.3 Tratamiento). Esta tecnología requiere la instalación de pozos de bombeo, los cuales pueden ser instalados a la sección somera o profunda del acuífero, a lo largo del área afectada según corresponda. Adicionalmente al bombeo del agua contaminada y su posterior tratamiento, esta tecnología permite generar zonas (conos) de captura para impedir la migración de las plumas contaminantes por fuera del sitio, también conocido como Barrera Hidráulica. Se trata de una tecnología ampliamente utilizada para recuperación e intercepción de plumas de afectación en aguas subterráneas. Los caudales de bombeo y por ende la velocidad de avance de la remediación particularmente para el sitio estarán condicionados por la hidrogeología del sitio. Adicionalmente a la instalación de pozos para el bombeo, para su implementación suelen realizarse ensayos de bombeo y un modelado hidrogeológico para el diseño y adecuado dimensionamiento del sistema.

El sistema de Bombeo y Tratamiento extrae el agua subterránea para su posterior tratamiento. El agua subterránea es bombeada desde los pozos de extracción a la superficie mediante bombas sumergibles individuales. Una vez en superficie, el agua extraída es tratada, en este caso por una torre de desorción por aire y circulación a través de un filtro de carbón activado granular. Luego de su tratamiento, el efluente líquido es descargado al sistema pluvial a través de la cámara de aforo en el punto de vuelco de la planta.

4.2.4.3. Tratamiento

Torre de desorción (o Torre de stripping) y vuelco:

Esta tecnología de tratamiento permite la eliminación de los compuestos orgánicos volátiles disueltos en el agua a tratar mediante su volatilización por desorción. Para esto, dentro de la torre, el agua cae por platos/bandejas en contra corriente con aire ascendente que favorece la volatilización de los COV. Esta metodología puede llegar a tener hasta un 99% de eficacia en la remoción de los COV del agua. Luego del tratamiento, el efluente líquido puede ser volcado en un punto de descarga autorizado por la autoridad de aplicación. A su vez, mediante esta tecnología, se genera un efluente gaseoso que deberá ser tratado por contener los vapores/gases de los COV removidos del agua.

Filtrado por Carbón Activado:

Esta tecnología de tratamiento consiste en circular la corriente de efluente líquida o gaseosa a tratar por un sistema de filtros de carbón activado previo a su descarga final. El tratamiento consiste en la absorción de los HCC en el carbón activado. Para verificar su efectividad, se realizan mediciones de la concentración de los gases en los puntos de entrada y salida de los filtros, a fin de evaluar la necesidad de recambio y/o el punto de

saturación de los mismos. El carbón activado utilizado, una vez saturado, es un residuo especial/peligroso (sólido) a disponer, el cual deberá ser transportado y dispuesto conforme a la Ley Nacional 24.051.

4.2.5. Diseño del sistema de remediación

En función del Modelo Conceptual del Sitio, ajustado a lo largo del proceso de caracterización, y las tecnologías de remediación seleccionadas para este caso, se presenta a continuación el diseño del sistema de remediación que se propuso.

Para la E2FV se calculó la instalación de 8 pozos de extracción, cubriendo las zonas ADI-1 y ADI-2. Estos pozos se instalaron a 14 m de profundidad y la sección filtrante de los mismos comienza 2 m por arriba del nivel freático del sitio. En función de la litología del sitio, se estimó que el vacío en cada pozo tendría un radio de influencia de aproximadamente 7 m. El caudal total de líquido removido por los 8 pozos del sistema se estimó que sería de aproximadamente $1\text{m}^3/\text{h}$.

Para el Sistema de Bombeo se calculó la instalación de 2 pozos de bombeo profundos instalados a 27 m de profundidad. Los pozos se ubicaron contra la pared oeste del sitio, uno en la zona de ADI-1 y el otro en la zona ADI-2. Estos pozos tienen su sección filtrante entre los metros 24 a 27 de profundidad para actuar sobre la porción profunda del acuífero freático. En cada uno de los pozos se instaló una bomba electro-sumergible con un caudal de $2\text{m}^3/\text{h}$. En función de la litología se calculó que cada pozo tendrá un radio de influencia aproximado de 15 m.

La corriente de líquidos conteniendo los CDI, generadas por ambos sistemas (E2FV y B&T), se envía a un tanque ecualizador de 10.000 litros. Desde este tanque, el líquido se bombea a una torre de desorción con una eficiencia de remoción de los CDI de un 99%.

El agua tratada pasa por un sistema de carbón activado para su pulido final y su posterior vuelco a la red pluvial municipal (normalmente se hubiera conectado a la red cloacal, pero esta no se encontraba disponible en el área). El vuelco del sistema es monitoreado mensualmente tomando una muestra desde la cámara de aforo del sistema.

Las corrientes gaseosas generadas por los distintos equipos (sopladores del sistema de vacío y de la torre de stripping) son tratadas independientemente, cada una por un sistema de dos filtros de carbón activado colocados en serie. La cañería de entrada y salida de cada filtro de carbón tiene una válvula para realizar el muestreo de la corriente gaseosa. En función de las concentraciones medidas, se estima la eficiencia de retención de CDI y el momento propicio para el cambio del carbón activado.

En la figura 11 se presenta un plano de la planta con la ubicación de los pozos del sistema de remediación y su radio de influencia.

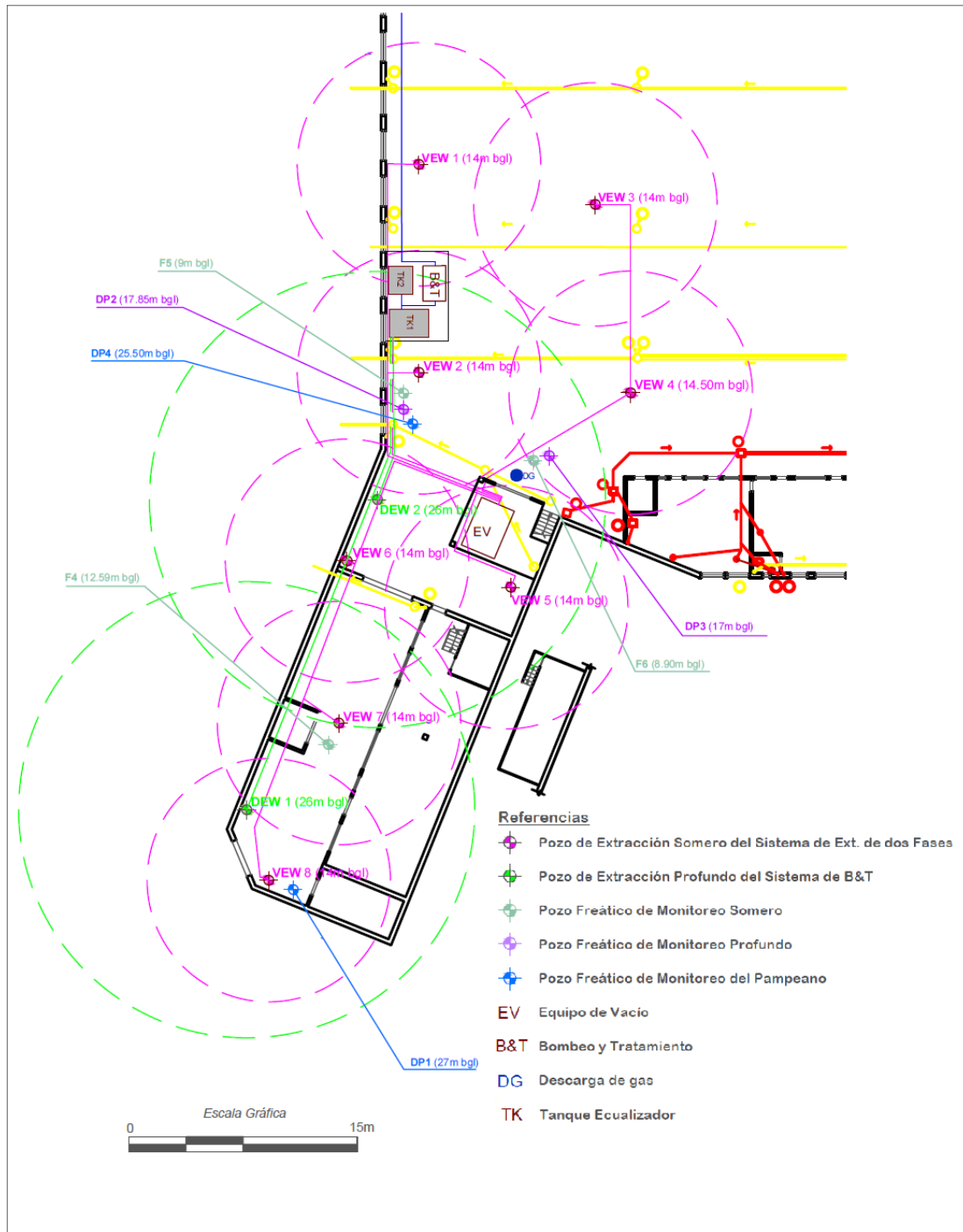


Figura 11 - Plano de ubicación del sistema de remediación

Para poder comenzar con las tareas de remediación del acuífero subterráneo se preparó el Plan de Adecuación Ambiental y se presentó el 10/10/2013 a las autoridades de

aplicación (OPDS y ADA). En su momento no existía la Resolución OPDS 95/14 que actualmente indica las pautas técnicas para la elaboración de los estudios ambientales y la presentación de documentación para autorizar una remediación.

Tras la presentación a las autoridades del plan de adecuación, se obtuvieron las autorizaciones pertinentes de ambas autoridades. Cabe mencionar que, aunque inicialmente se apuntaba a los valores de los “Niveles Guía de Calidad de Agua para Fuentes de Bebida Humana con Tratamiento Convencional”, se dejó abierto en la resolución la reevaluación del objetivo de la remediación con los valores factibles de obtener y su riesgo residual para evaluar la aplicación o no de las medidas de adecuación adicionales.

Finalmente, una vez obtenida la aprobación por parte las autoridades, entre septiembre 2014 y noviembre 2015 se instaló el sistema antes descripto.

4.3. FASE IV- Instalación y Remediación – Resultados de la operación - (Nov 2015 – Jul 2019)

Habiendo obtenido el permiso de las autoridades, se procedió a la compra, instalación y puesta a punto de los distintos equipos que conforman el sistema de remediación.

Para esto se necesitó:

- Perforar 8 pozos de 14 metros de profundidad para remover los CDI del suelo no saturado y la porción superficial del acuífero freático por medio del sistema de extracción por vacío (E2FV).
- Construcción de una cabina insonorizada para el equipo de vacío.

- Perforar 2 pozos de 27 metros de profundidad para remover los CDI de la porción profunda del acuífero por medio de las bombas de agua (B&T).
- Realizar la instalación de las cañerías de conducción y los equipos de remediación (B&T y E2FV).
- Construir una batea de contención para el tanque ecualizador de agua y sistema de tratamiento.
- Construcción de cámara de aforo y conexión a la red pluvial municipal.

Como la ejecución de estas tareas comprendió la compra, importación, instalación y conexión de los equipos, más un nuevo punto de vuelco habilitado para la planta, todo el proceso duró aproximadamente un año. Finalmente, en noviembre de 2015, se pudieron encender los equipos e iniciar con la remediación del sitio.

Las distintas etapas cubiertas desde la aprobación e implementación del Plan de Adecuación Ambiental se comprenden en los informes:

- Noviembre 2015 - Informe de Implementación del Plan de Adecuación Ambiental antes del inicio de la operación.
- Febrero 2016 - Julio 2019 -Informes Trimestrales de Avance del Plan de Adecuación Ambiental.

En la tabla 11 se presenta el diseño de los pozos instalados en el predio para la remediación:

Tabla 11 - Información de los pozos de remediación instalados

ID° Pozo	Profundidad (m.b.n.t.)	Sección Filtrante (m.b.n.t.)	Nivel acotado arbitrario
VEW1	14	5 a 14	100,851
VEW2	14	5 a 14	100,664
VEW3	14	5 a 14	99,720
VEW4	14	5 a 14	99,780
VEW5	14	5 a 14	100,651
VEW6	14	5 a 14	100,639
VEW7	14	5 a 14	100,715
VEW8	14	5 a 14	99,945
DEW1	26	23 a 26	100,728
DEW2	26	23 a 26	100,730

En la tabla 12 se presentan los parámetros operativos de los equipos de remediación:

Tabla 12 - Parámetros operativos de los equipos, según diseño

Equipo de Vacío	Presión operativa de Vacío (in Hg (g)):	5 a 9
	Horas de Trabajo (soplador):	24/día
	Corriente de trabajo (Amp):	20 a 25
	Frecuencia (Hz):	15 a 20
	Temperatura (°C):	20 a 70
	Caudal del agua (m3/h)	0,2 a 0,5
	Caudal de aire (m3/h)	1000 a 1100
Bombas	Horas de Trabajo (Bombas):	24/día
	Caudal del agua (m3/h)	1 a 1,5 c.u.
Torre de Strippeo	Horas de Trabajo (soplador):	24/día
	Caudal del agua (m3/h)	3 a 5
	Caudal de aire (m3/h)	250 a 360
	Presión de aire (psi)	15 a 22

4.3.1. Modificaciones al sistema de remediación

A medida que la remediación avanzó, se realizaron algunos cambios al sistema instalado. Teniendo en cuenta la evolución de los resultados analíticos del agua subterránea y para trabajar en las zonas de mayor influencia para la remediación, se ajustaron la ubicación (en qué pozo) y la posición dentro de los pozos (profundidad de instalación) de las bombas. Además, se agregó una bomba adicional al diseño original para optimizar el proceso y así aumentar los puntos de extracción del agua subterránea.

En la tabla 13 se presenta una tabla resumen de la cronología de operación y los cambios realizados al sistema de bombeo. Las celdas coloreadas indican los meses en que cada pozo estuvo en funcionamiento.

Tabla 13 - Cronología de operación y resumen de cambios al sistema, por pozos

ID	Funcion del Pozo	Nov 2015	2017					2018												2019	
		a Jul 2017	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene - Dic	
DEW-1	Bombeo									Se apaga											
DEW-2	Bombeo									Se apaga											
VEW-1	E2F - Vacio																				
VEW-2	E2F - Vacio										Se lo pasa a Bombeo utilizando la bomba del DEW2										
VEW-3	E2F - Vacio																				
VEW-4	E2F - Vacio																				
VEW-5	E2F - Vacio																				
VEW-6	E2F - Vacio													Se agrega una bomba adicional al sistema							
VEW-7	E2F - Vacio										Se lo pasa a Bombeo utilizando la bomba del DEW1										
VEW-8	E2F - Vacio																				
DP-2	Monitoreo		Bombeo intermitente con bomba adicional																		
F-4	Monitoreo										Se aplica el vacio del VEW7										
F-5	Monitoreo		Se aplica el vacio del VEW2																		

Para comprender los cambios realizados al sistema, hay que tener en cuenta los resultados analíticos que se presentan más adelante. Adicionalmente cabe mencionar que, a pesar de los cambios realizados al sistema, el caudal de descarga de la remediación nunca superó los 5 m³/h, aprobados por la autoridad para vuelco al sistema pluvial municipal. A continuación, se hace una breve explicación de cada cambio:

- En noviembre 2015 se encendió el sistema de remediación con dos (2) pozos de bombeo (DEW 1 y 2) y ocho (8) pozos de extracción de dos fases por vacío (VEW 1 al 8). El sistema operó de este modo sin modificaciones hasta agosto 2017.
- Para trabajar la sección profunda del acuífero en la zona del pozo F5 se realizó el bombeo intermitente del pozo DP2 entre agosto 2017 y abril 2018. Esto consistió en utilizar una bomba electro-sumergible de 2m³/h, una (1) vez a la semana por el lapso de dos (2) horas. En abril 2018, se determinó que el acuífero profundo ya estaba dentro de parámetros y que era más importante trabajar en la sección superior del acuífero.
- Considerando las significativas concentraciones detectadas en el pozo de monitoreo F5, en septiembre 2017 se decidió pasar la aplicación de vacío del pozo VEW2 al pozo F5, para tener una *acción directa sobre este pozo* y de este modo acelerar la reducción de contaminación.
- La interpretación de los resultados analíticos a abril del 2018 mostraba que las concentraciones de los CDI en la sección profunda del acuífero habían descendido significativamente, mientras las concentraciones en la sección superficial del acuífero habían descendido a niveles residuales bajos, pero seguía siendo alta en la zona central de la pluma. Por tal motivo, se decidió cambiar la ubicación de las bombas de los pozos DEW 1 y 2 (profundos) a los pozos VEW 2 y 7 (someros) para trabajar la sección superior del acuífero de forma más asidua. De seguir bombeando la sección profunda, existía la posibilidad de que se estuviera forzando la migración de la contaminación somera a secciones más profundas del acuífero. Por otro lado, el vacío que se aplicaba en el pozo VEW7

se pasó al pozo de monitoreo F4, para trabajar directamente sobre este pozo, que también presentaba concentraciones residuales significativas.

- En julio 2018 se decidió agregar una bomba más al sistema de bombeo en el pozo VEW6 para reforzar el trabajo de bombeo que se estaba realizando desde los pozos VEW 2 y 7.
- En septiembre 2018 se decidió apagar el sistema de extracción de dos fases por vacío para priorizar la extracción de agua desde el sistema de bombeo. De este modo, se logró aumentar el caudal de extracción de las bombas y así acelerar la recuperación de masa contaminante en aguas someras (ya se había verificado por mediciones de la fase gaseosa del sistema de vacío, que la recuperación de vapores de HCC del suelo desde la zona no saturada era insignificante, pudiéndose considerar removidas las fuentes secundarias de HCC en suelo).

4.3.2. Resultados de la remediación

En la resolución de aprobación del Plan de Adecuación emitida por la OPDS, se estableció la necesidad de realizar muestreos mensuales de la cámara de efluentes del sistema de remediación para constatar la condición de vuelco y además muestreos trimestrales en 8 pozos de la red de monitoreo y remediación de planta para evaluar el avance de las tareas de remediación.

4.3.2.1. Cámara de efluente

Los resultados de la cámara de efluentes se comparan contra los valores guía establecidos por la Resolución 335/08 de la Autoridad del Agua (ADA), la cual fija los parámetros de vuelco para compuestos orgánicos volátiles; y los valores guías

establecidos por la Ley 24.051 de Residuos Peligrosos, Decreto 831/93, Anexo II, Tabla 2, los cuales se presentan en la tabla 14.

Tabla 14 - Parámetros de vuelco para efluentes según Res. 335/08 y Dec. 831/93

	ADA	Ley 24.051
	Res 335/08	Dec. 831/93, Anexo II, Tabla 2
cis-1,2-dicloroeteno (ug/lt)	NR	12
Tricloroetileno (ug/lt)	710	45

Durante los 45 meses de operación el vuelco estuvo dentro de parámetros, a excepción de 3 meses en los que la concentración de entrada de cis-1,2-dicloroeteno a la torre de tratamiento fue tan elevada que el 99 % de eficiencia en la remoción no fue suficiente para cumplir con el vuelco para este parámetro. En las contadas ocasiones que se detectaron concentraciones superando los valores de vuelco, se realizaron ajustes al sistema para regularizar los valores de vuelco.

4.3.2.2. Pozos de monitoreo

En las tablas 15, 16, 17 y 18 se presenta el resumen histórico de los resultados analíticos obtenidos durante la operación del sistema de remediación. Estos resultados fueron comparados contra los valores de la Ley 24.051 de Residuos Peligrosos, Decreto 831/93, Anexo II, Tabla 1 y la modificación que la resolución OPDS 95/14 realiza de estos.

Tabla 15 - Resumen histórico de resultados analíticos de pozos remediación DP1 y DP2 - (µg/l)

[illegible]

Referencias

ND No Detectado

XX Valor Analítico excede Criterios de Resolución N° 95/2014 de Organismo Provincial de Desarrollo Sustentable

XX	Valor
XX	Valor

Metodo de analisis: EPA 5021 A/ 8260 C

Tabla 16 - Resumen histórico de resultados analíticos de pozos remediación DP3 y DP4 - (µg/l)

Parámetros	DP3 (17 mbgl)																DP4 (26 mbgl)																Criterios de Referencia	
	12/06/2015	21/03/2016	10/06/2016	12/09/2016	06/12/2016	14/03/2017	06/06/2017	05/09/2017	20/12/2017	08/03/2018	05/06/2018	11/09/2018	13/12/2018	20/03/2019	04/07/2019	12/06/2015	21/03/2016	10/06/2016	12/09/2016	06/12/2016	14/03/2017	06/06/2017	05/09/2017	20/12/2017	08/03/2018	05/06/2018	11/09/2018	13/12/2018	20/03/2019	04/07/2019	Resolución N° 95/14 OPDS (x10)	Ley 24051 Dec 831 Anexo II Tabla 1		
Clorometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	19	1,9		
Cloruro de Vinilo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	83,3	ND	ND	1,6	ND	1,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	< 1,0	ND	200	20	
1,1-Dicloroetano	0,4	<0,3	<0,3	0,4	< 0,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,5	0,5	0,5	0,3	< 0,3	< 0,3	ND	ND	ND	ND	<0,3	<0,3	0,7	0,5	1,0	0,8	3	0,3	
Diclorometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	500	50	
trans-1,2-Dicloroetano	<1,0	ND	<1,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	< 1,0	< 1,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1000	100		
2,2-Dicloropropano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
cis-1,2-Dicloroetano	53,9	12,0	3,8	9,0	2,9	5,2	1,3	ND	ND	ND	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0	ND	129	290	256	178	160	163	95,0	61,9	19,9	33,6	13,6	10,2	7,2	14,6	9,8	700	70		
Cloroformo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4,2	3,7	3,6	ND	2,8	2,8	ND	ND	ND	ND	ND	300	30		
1,1,1-Tricloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2000	200		
Tetracloruro de Carbono	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	30	3		
Benceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	100	10		
1,2-Dicloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	100	10		
Tricloroetano	359	40,0	16,5	17,6	3,6	4,5	1,6	ND	ND	ND	3,3	4,6	3,5	2,7	< 1,0	808	1.790	980	1.020	388	ND	204	309	93,8	240	108	60,7	39,0	65,5	40,0	300	30		
1,2-Dicloropropano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	50	5		
Tolueno	ND	ND	ND	<2,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	10000	1000		
1,1,2-Tricloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	60	6		
Tetracloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	100	10		
1,2-Dibromoetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
Clorobenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1000	100		
Etilbenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7000	700		
m,p-Xileno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
o-Xileno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
Estireno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1000	100		
Bromoforno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	20	2		
1,1,2,2-Tetracloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	17	1,7		
1,2-Diclorobenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2000	200		
1,2-Dibromo-3-cloropropano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	0,2		
Hexaclorobutadieno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	45	4,5		
1,3-Dicloropropano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
1,1-Dicloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<2	ND	ND	ND	9000	900		
Bromoclorometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
1,1-Dicloropropeno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
Dibromometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
Bromodichlorometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
cis-1,3-Dicloropropeno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
trans-1,3-Dicloropropeno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
Dibromoclorometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
1,1,1,2-Tetracloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
Isopropilbenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
Bromobenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
1,2,3-Tricloropropano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
n-Propilbenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
2-Clorotolueno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
4-Clorotolueno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
1,3,5-Trimetilbenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
ter-Butilbenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR		
1,2,4-Trimetilbenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND																								

Tabla 17 - Resumen histórico de resultados analíticos de pozos remediación F4 y F5 - (µg/l)

Parámetros	F4 (12 mbgl)															F5 (9 mbgl)															Criterios de Referencia		
	12/06/2015	21/03/2016	10/06/2016	12/09/2016	06/12/2016	14/03/2017	06/06/2017	05/09/2017	20/12/2017	08/03/2018	05/06/2018	11/09/2018	13/12/2018	20/03/2019	04/07/2019	12/06/2015	21/03/2016	10/06/2016	12/09/2016	06/12/2016	14/03/2017	06/06/2017	05/09/2017	20/12/2017	08/03/2018	05/06/2018	11/09/2018	13/12/2018	20/03/2019	04/07/2019	Resolución N° 95/14 OPDS (x10)	Le y 24051 Dec 831 Anexo II - Tabla 1	
Clorometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	19	1,9	
Cloruro de Vinilo	560	162	702	386	97,7	215	8,5	21,5	53,1	26,9	5,8	<2	1,0	1,2	ND	110	1.670	1.370	1.780	733	1.440	1.005	2.940	60,6	57,3	1.130	2.366	4.359	1.751	200	20		
1,1-Dicloroetano	25,9	10,0	17,1	4,1	3,7	5,3	1,3	ND	2,2	1,2	0,9	<0,3	<0,3	<0,3	ND	26,3	21,0	35,6	20,7	18,0	24,8	24,0	33,0	8,5	4,9	22,5	32,1	44,4	61,1	57,9	3	0,3	
Diclorometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	500	50	
trans-1,2-Dicloroetano	42,0	19,0	24,3	7,0	6,2	6,8	1,5	< 2,0	2,6	<2	ND	ND	ND	ND	ND	105,0	69,0	110,6	101,1	73,8	99,2	75,0	105,0	26,6	13,5	53,3	79,3	108,0	140,0	123,0	1000	100	
2,2-Dicloropropano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR
cis-1,2-Dicloroetano	14.700	17.300	9.170	5.250	2.910	3.444	589	339	1.580	527	329	57,8	49,0	81,9	26,0	23.100	80.400	75.100	96.800	69.100	76.350	41.710	71.450	14.900	7.191	34.810	57.630	86.230	83.100	63.120	700	70	
Cloroformo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	300	30	
1,1,1-Tricloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2000	200	
Tetracloruro de Carbono	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	30	3	
Benceno	133	ND	93,0	67,7	55,3	40,3	3,9	3,4	11,3	3,9	< 2,0	< 2,0	ND	ND	ND	6,9	ND	4,7	4,7	5,4	8,2	4,3	3,3	< 2,0	ND	< 2,0	< 2,0	4,1	4,7	3,2	100	10	
1,2-Dicloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	100	10	
Tricloroetano	3.070	5.520	7.430	962	1.420	1.729	684	372	1.510	559	1.192	690	454	733	252	165	1.130	1.310	1.240	310	38,2	492	164	138	48,4	461	170	63,7	117	128	300	30	
1,2-Dicloropropano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	50	5	
Tolueno	2,5	<2,0	<2,0	4,2	< 2,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	10000	1000	
1,1,2-Tricloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4,7	5,6	5,1	5,2	5,0	4,2	4,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	60	6	
Tetracloroetano	ND	ND	459	7,8	33,2	36,9	ND	ND	40,7	ND	24,5	8,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	100	10	
1,2-Dibromoetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
Clorobenceno	ND	ND	ND	4,7	4,8	ND	ND	7,3	6,5	9,6	< 2,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1000	100	
Etilbenceno	<1,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7000	700	
m,p-Xileno	<2,0	ND	ND	<2,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
o-Xileno	<2,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
Estireno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1000	100	
Bromoforno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	20	2	
1,1,2,2-Tetracloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	17	1,7	
1,2-Diclorobenceno	ND	ND	ND	<1,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2000	200	
1,2-Dibromo-3-cloropropano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	0,2	
Hexaclorobutadieno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	45	4,5	
1,3-Dicloropropano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
1,1-Dicloroetano	21,1	9,6	14,9	6,1	6,1	ND	1,2	ND	3,7	<2	<2	<2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	9000	900	
Bromoclorometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
1,1-Dicloropropeno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
Dibromometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
Bromodiclorometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
cis-1,3-Dicloropropeno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
trans-1,3-Dicloropropeno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
Dibromoclorometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
1,1,1,2-Tetracloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
Isopropilbenceno	ND	ND	11,8	11,3	10,4	ND	ND	ND	< 2,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
Bromobenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
1,2,3-Tricloropropano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
n-Propilbenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
2-Clorotolueno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
4-Clorotolueno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
1,3,5-Trimetilbenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
ter-Butilbenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
1,2,4-Trimetilbenceno	ND	ND	ND	<1,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
sec-Butilbenceno	1,4	ND	ND	2,3	1,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
1,3-Diclorobenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
p-Isopropiltolueno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
1,4-Diclorobenceno	ND	ND	ND	2,2	ND	ND	ND	3,2	ND	4,1	4,1	4,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	50	5		
n-Butilbenceno	ND	ND	ND	1,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
1,2,4-Triclorobenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
Natalleno	ND	ND	ND																														

Referencias

ND No Detectado

XX Valor Analítico excede Criterios de Resolución N° 95/2014 de Organismo Provincial de Desarrollo Sustentable

XX	Valor
XX	Valor

Metodo de analisis: EPA 5021 A/ 8260 C

Tabla 18 - Resumen histórico de resultados analíticos de pozos remediación F6 y VEW3 - (µg/l)

Parámetros	F6 (9 mbgl)															VEW3 (14 mbgl)															Criterios de Referencia	
	12/06/2015	21/03/2016	10/06/2016	12/09/2016	06/12/2016	14/03/2017	06/06/2017	05/09/2017	20/12/2017	08/03/2018	05/06/2018	11/09/2018	13/12/2018	20/03/2019	04/07/2019	12/06/2015	21/03/2016	10/06/2016	12/09/2016	06/12/2016	14/03/2017	06/06/2017	05/09/2017	20/12/2017	08/03/2018	05/06/2018	11/09/2018	13/12/2018	20/03/2019	04/07/2019	Resolución N° 95/14 OPDS (x10)	Ley 24051 Dec 831 Anexo II - Tabla 1
Clorometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	19	1,9
Cloruro de Vinilo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	200	20	
1,1-Dicloroetano	0,4	0,4	0,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	0,3	
Diclorometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	500	50	
trans-1,2-Dicloroetano	1,1	ND	<1,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1000	100	
2,2-Dicloropropano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
cis-1,2-Dicloroetano	99,0	47,0	41,6	27,7	26,1	21,9	11,0	7,3	3,9	<2	4,0	<2	1,1	<1,0	ND	93,9	58,0	61,0	30,1	28,2	39,1	49,0	45,9	11,5	20,4	28,5	38,2	20,1	15,4	16,9	700	70
Cloroformo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	300	30	
1,1,1-Tricloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2000	200	
Tetracloruro de Carbono	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	30	3	
Benceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	100	10	
1,2-Dicloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	100	10	
Tricloroetano	253	170	179	89,7	55,5	63,5	34,0	24,8	10,0	8,3	5,7	3,9	<1,0	1,7	<1,0	308	135	229	93,7	58,5	57,6	69,0	54,5	12,7	43,1	50,0	57,8	35,0	38,0	17,9	300	30
1,2-Dicloropropano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	50	5	
Tolueno	ND	ND	ND	<2,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	10000	1000	
1,1,2-Tricloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	60	6	
Tetracloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	100	10	
1,2-Dibromoetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
Clorobenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1000	100	
Etilbenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7000	700	
m,p-Xileno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
o-Xileno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
Estireno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1000	100	
Bromoformo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	20	2	
1,1,2,2-Tetracloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	17	1,7	
1,2-Diclorobenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2000	200	
1,2-Dibromo-3-cloropropano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	0,2	
Hexaclorobutadieno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	45	4,5	
1,3-Dicloropropano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
1,1-Dicloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	9000	900	
Bromoclorometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
1,1-Dicloropropeno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
Dibromometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
Bromodichlorometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
cis-1,3-Dicloropropeno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
trans-1,3-Dicloropropeno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
Dibromoclorometano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
1,1,1,2-Tetracloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
Isopropilbenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
Bromobenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
1,2,3-Tricloropropano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
n-Propilbenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
2-Clorotolueno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
4-Clorotolueno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
1,3,5-Trimetilbenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
ter-Butilbenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
1,2,4-Trimetilbenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
sec-Butilbenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
1,3-Diclorobenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND					

Referencias

ND No Detectado

XX Valor Analítico excede Criterios de Resolución N° 95/2014 de Organismo Provincial de Desarrollo Sustentable

En las figuras 12 a 19 se presenta la evolución del Tricloroetileno y cis-1.2-Dicloroeteno en los pozos muestreados y se comparan los resultados contra los valores objetivo de estos compuestos aplicando la Resolución OPDS 95/14. (Valores Guía para Fuentes de Bebida Humana con Tratamiento Convencional multiplicados por un factor de diez (10), quedando para TCE 300 µg/l y para DCE 700 µg/l).

- Pozos freáticos profundos

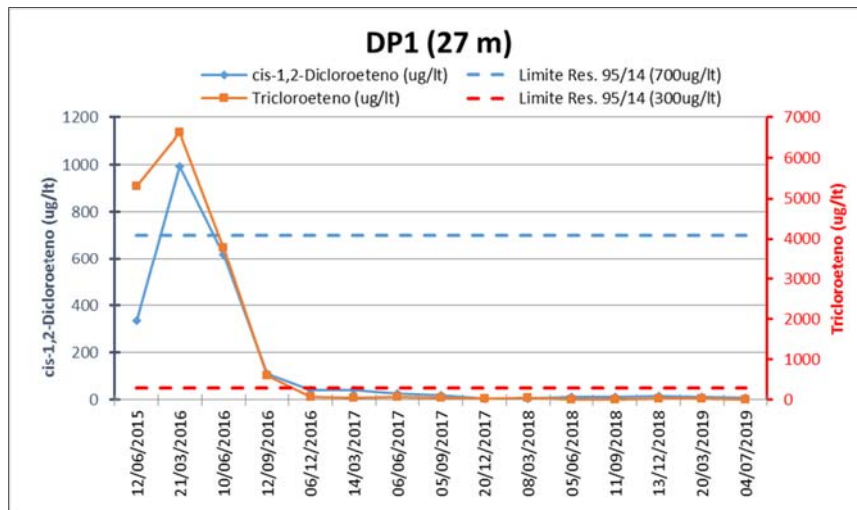


Figura 12 - Gráfico de evolución del Tricloroetileno y cis-1.2-Dicloroeteno pozo DP1

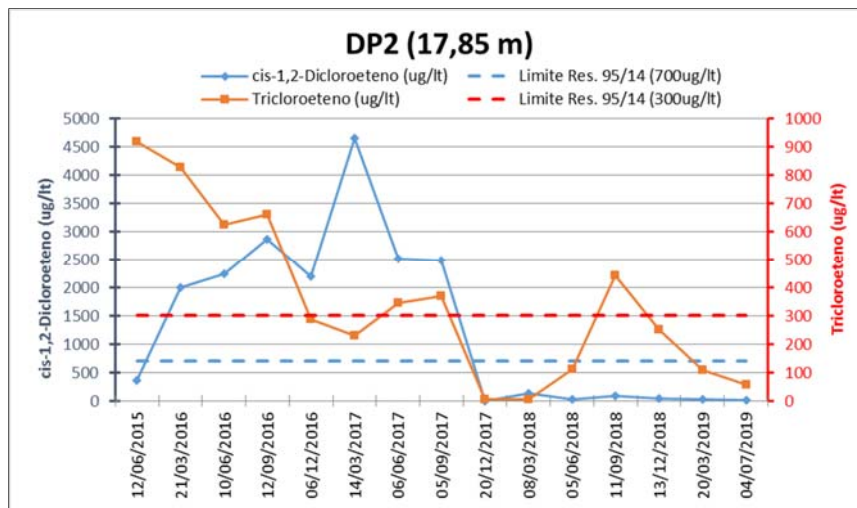


Figura 13 - Gráfico de evolución del Tricloroetileno y cis-1.2-Dicloroeteno pozo DP2

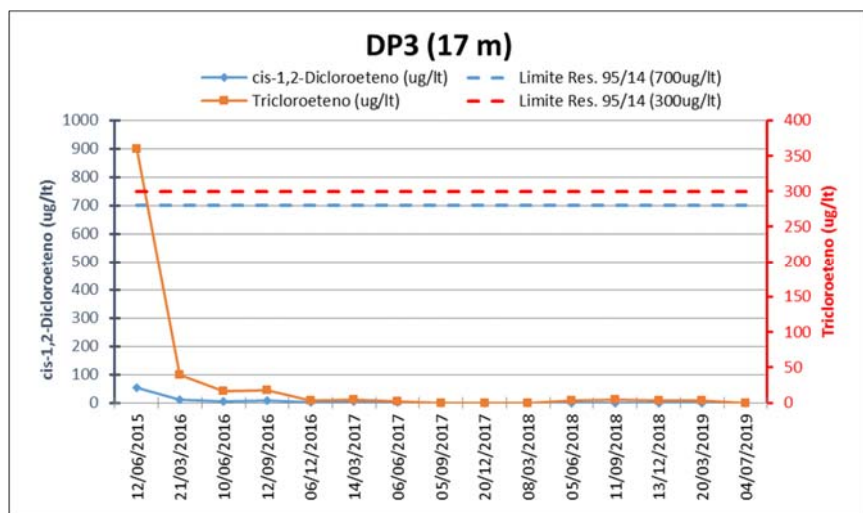


Figura 14 - Gráfico de evolución del Tricloroetileno y cis-1.2-Dicloroeteno pozo DP3

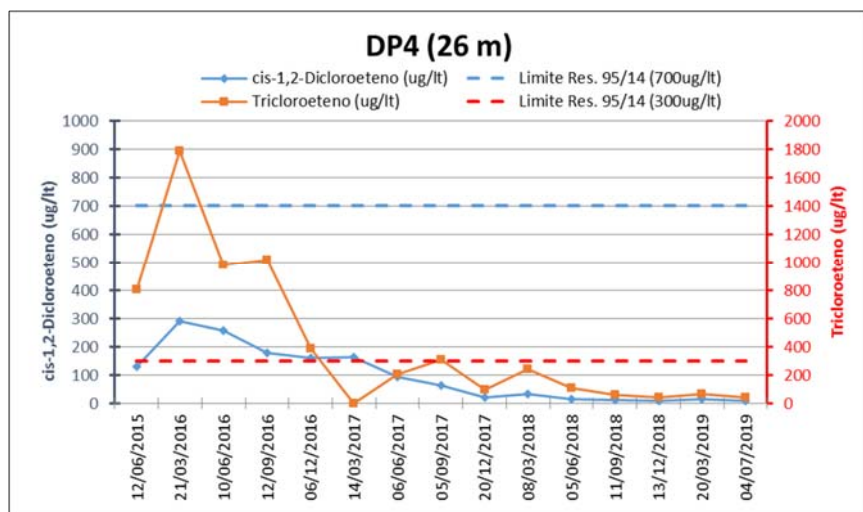


Figura 15 - Gráfico de evolución del Tricloroetileno y cis-1.2-Dicloroeteno pozo DP4

- Pozos freáticos Someros

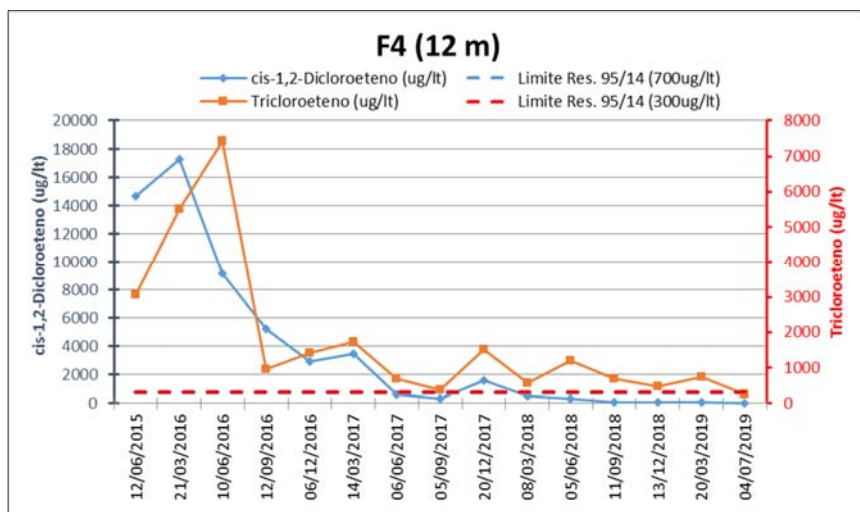


Figura 16 - Gráfico de evolución del Tricloroetileno y cis-1.2-Dicloroeteno pozo F4

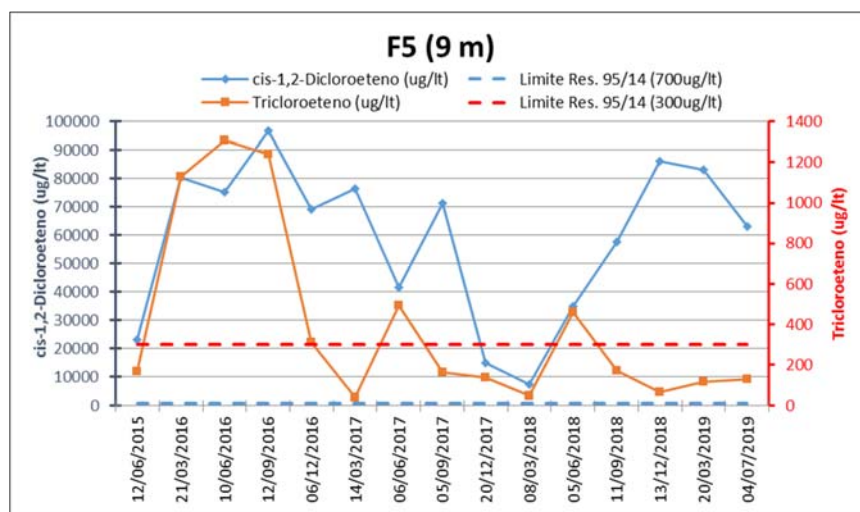


Figura 17 - Gráfico de evolución del Tricloroetileno y cis-1.2-Dicloroeteno pozo F5

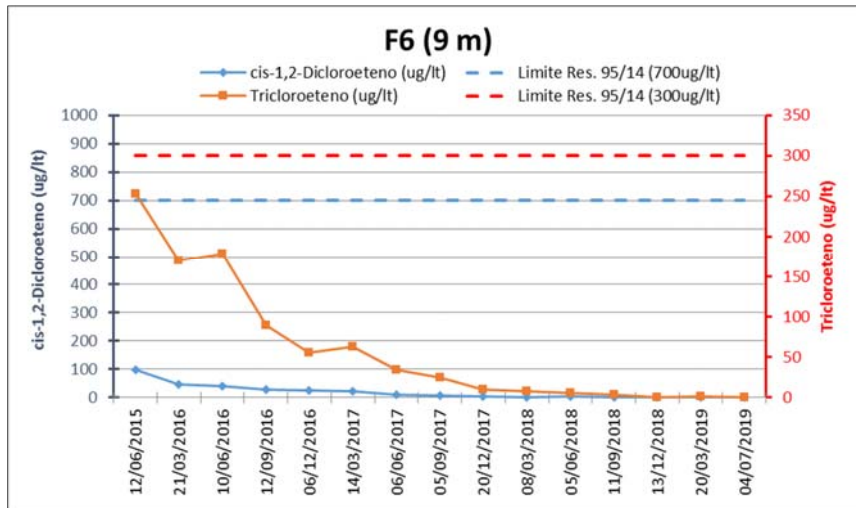


Figura 18 - Gráfico de evolución del Tricloroetileno y cis-1,2-Dicloroeteno pozo F6

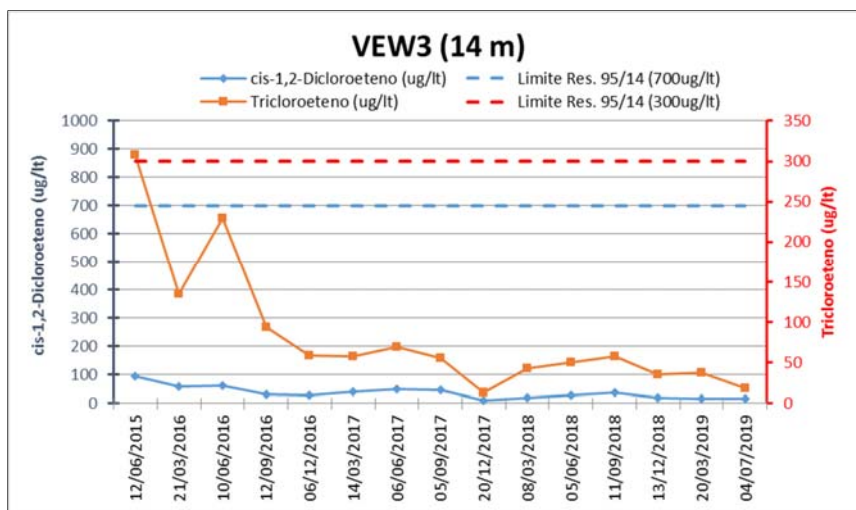


Figura 19 - Gráfico de evolución del Tricloroetileno y cis-1,2-Dicloroeteno pozo VEW3

4.3.2.3. Interpretación de los Resultados

Como criterio para establecer los valores objetivo para la concentración de los CDI en el agua subterránea se adoptaron los valores establecidos en el Anexo II, Tabla I “Niveles Guía de Calidad de Agua para Fuentes de Bebida Humana con Tratamiento Convencional” del Decreto 831/93, multiplicados por diez (10) como se establece en el Artículo 8 de la resolución OPDS 95/14, que establece lo siguiente:

“B. PRESENCIA DE SUSTANCIAS CONTAMINANTES EN LOS RECURSOS (SCR): los objetivos del Plan de Remediación serán los referenciados en los niveles guía del Decreto N° 831/93 y/o Norma Holandesa, según corresponda, conforme lo establecido en el artículo 6°. Para los recursos hídricos subterráneos, en aquellas zonas donde el acuífero freático no es utilizado para consumo humano, los niveles guía serán los correspondientes a los de fuentes de agua para consumo humano con tratamiento convencional, multiplicados por un factor de diez (10). Esto último se aplicará en lugares que contengan un sistema de agua potable de red para ser empleada como consumo, y donde se asegure que la primera napa no sea utilizada para consumo humano; siempre y cuando la presencia de dichos compuestos no represente o presuponga riesgos asociados de otra índole.”

En la interpretación a continuación se mencionarán como “concentraciones significativas” a todas aquellas concentraciones que superen el valor establecido en el Decreto 831/93 para los CDI y como concentraciones “superando” o “por encima” del valor guía establecido a aquellas concentraciones que superen el valor guía según la Resolución OPDS 95/14. Todas las detecciones que se encontraron por debajo del valor establecido en el Decreto 831/93 no se detallan.

4.3.2.3.1. Pozos freáticos profundos

El comportamiento de los CDI en los pozos freáticos profundos muestreados se puede resumir de la siguiente manera:

Se observó un aumento en la concentración de los compuestos durante el primer trimestre de operación del sistema de remediación, atribuible a la movilización de bolsones de agua subterránea con solventes clorados hacia los pozos de extracción. A partir del tercer muestreo (9 meses de operación), ya se comenzó a evidenciar una

tendencia decreciente en la mayoría de los compuestos, que en todos los casos llegaron a estar por debajo del valor objetivo para la remediación a principios de 2018. A partir del 08/03/18, algunos compuestos comenzaron a mostrar un efecto rebote, producto del cambio de ubicación de las bombas de extracción a pozos someros. A medida que fue avanzando la remediación, el efecto rebote de los pozos volvió a comportarse como una tendencia decreciente, a excepción del pozo DP1 donde este efecto hizo que las concentraciones superen el valor objetivo establecido para el 1,1-Dicloroetano.

En líneas generales, todos los pozos profundos se encuentran en condición para proponer el cierre de la remediación, con la salvedad de realizar un último esfuerzo de extracción en el pozo DP1, para regularizar el 1,1-Dicloroetano.

A continuación, se hace un resumen de la evolución por pozo.

- DP1 (27 m.b.n.t.): En el muestreo inicial (12/06/15), previo al inicio de las tareas de remediación, este pozo tenía concentraciones significativas de 1,1-Dicloroetano (0,8 µg/l), cis-1,2-Dicloroetano (337 µg/l) y Tricloroetileno (5.320 µg/l). De estos compuestos, solo el TCE superaba el valor guía establecido por la resolución de OPDS. Otros compuestos fueron detectados en el primer muestreo, pero todos ellos por debajo de los valores guía correspondientes. En noviembre del 2015 se encendió el sistema de remediación y en el muestreo del 21/03/16 se observó un pico en las detecciones de los compuestos de este pozo: 1,1-Dicloroetano (1,2 µg/l), cis-1,2-Dicloroetano (994 µg/l), Tricloroetileno (6.630 µg/l). A partir de este muestreo, se observó una tendencia general decreciente de las concentraciones de CDI en este pozo, llegando a estar todos los compuestos por debajo de los valores objetivo hasta el muestreo del 08/03/2018, en el que se observa un incremento en la concentración del 1,1-Dicloroetano (3,9 µg/l) que superó el valor guía. Este incremento se explica

- por el cambio en la ubicación de la bomba del pozo DEW1 al VEW7, para focalizar el tratamiento en la parte superior del acuífero y centro de la pluma.
- DP2 (17,85 m.b.n.t.): En el muestreo inicial (12/06/15), previo al inicio de las tareas de remediación, este pozo tenía concentraciones significativas de cis-1,2-Dicloroetano (366 µg/l) y Tricloroetileno (919 µg/l). Otros compuestos fueron detectados en el primer muestreo, pero todos ellos por debajo de los valores guía correspondientes. A partir del muestreo del 21/03/16, se observó una tendencia ascendente en las concentraciones de cis-1,2-Dicloroetano que se mantuvieron hasta el muestreo del 14/03/17, a partir del cual la tendencia se invierte y en los últimos muestreos este compuesto llegó a valores por debajo de los niveles guía. El Tricloroetileno, a partir del primer muestreo, mostró una tendencia decreciente hasta el muestreo del 08/03/18 inclusive. A partir de dicho momento, se observó un efecto rebote que luego vuelve a comportarse como una tendencia decreciente. Este rebote de la concentración se le atribuye al cambio de bomba del pozo DEW2 al VEW2, para reforzar el tratamiento del acuífero somero.
 - DP3 (17 m.b.n.t.): En el muestreo inicial (12/06/15), previo al inicio de las tareas de remediación, este pozo tenía concentraciones significativas de 1,1-Dicloroetano (0,4 µg/l) y Tricloroetileno (359 µg/l). Además, hubo detecciones de cis-1,2-Dicloroetano (53,9 µg/l) por debajo del valor guía. A partir del inicio de la remediación, se observó una disminución en las concentraciones de CDI. A partir del muestreo 21/03/16 todos los CDI se encuentran por debajo de los valores objetivo correspondientes.
 - DP4 (26 m.b.n.t.): En el muestreo inicial (12/06/15), previo al inicio de las tareas de remediación, este pozo tenía concentraciones de cloruro de vinilo (83,3 µg/l), 1,1-Dicloroetano (0,5 µg/l), cis-1,2-Dicloroetano (129 µg/l) y Tricloroetileno (808 µg/l).

De estos compuestos, solo el TCE superaba el valor guía establecido. El Tricloroetileno mostró un pico al principio de la remediación, que rápidamente comenzó a descender y a partir del 20/12/17 este compuesto se mantuvo por debajo del valor objetivo. El cloruro de vinilo, cis-1,2-Dicloroeteno y el 1,1-Dicloroeteno siempre estuvieron por debajo del valor guía establecido.

4.3.2.3.2. Pozos freáticos someros

El comportamiento de los CDI en los pozos freáticos someros muestreados fue muy diferente, por lo cual no se puede resumir una tendencia general para todos ellos. Los pozos F4 y F5 claramente fueron los pozos con concentraciones y comportamientos más significativos de toda la planta. Aun así, se puede ver que la mayoría de los pozos someros de extracción por vacío tuvieron una muy buena y rápida respuesta a la extracción de 2 fases. Al año de operación, muchos de ellos ya estaban por debajo de los niveles objetivo para todos los CDI, por lo que se fueron cerrando paulatinamente, para focalizar el vacío y bombeos a los pozos problema del centro de la pluma.

A continuación, se hace un resumen de la evolución por pozo.

- F4 (12 m.b.n.t.): Durante la caracterización Fase 2 este pozo fue en el que se obtuvieron las mayores detecciones iniciales y se lo relacionó al sector de mantenimiento, donde históricamente se utilizó el TCE como solvente. En el muestreo inicial (12/06/15), previo al inicio de las tareas de remediación, este pozo tenía concentraciones significativas de Cloruro de Vinilo (560 µg/l), 1,1-Dicloroeteno (26 µg/l), cis-1,2-Dicloroeteno (14.700 µg/l), Tricloroetileno (3.070 µg/l) y Benceno (133 µg/l). Todos estos compuestos superaban los valores guía establecidos por la resolución de OPDS. Otros compuestos fueron detectados en el primer muestreo, pero todos ellos por debajo de los valores guía correspondientes. El

Cloruro de Vinilo mostró oscilaciones en su concentración a lo largo de los primeros 15 meses de remediación con una tendencia decreciente y a partir del 06/06/17 su concentración se mantuvo por debajo del valor objetivo. El 1,1-Dicloroetano, a partir del inicio de la remediación, mostró una tendencia decreciente que desde el 06/06/17 se mantuvo por debajo del valor objetivo. El cis-1,2-Dicloroetano mostró un pico en el muestreo del 21/03/16, a partir del cual tuvo una tendencia decreciente y desde el 06/06/17 se mantuvo por debajo del valor objetivo (exceptuando el muestreo del 20/12/17). El TCE, durante los primeros 6 meses de la remediación, tuvo una tendencia ascendente, lo cual se atribuye a que se estaba recuperando la pluma que ya había migrado hacia el Oeste. Desde el muestreo del 12/09/17 la tendencia se invirtió (con oscilaciones) y ya en el último muestreo quedó por debajo del valor objetivo. El Benceno, a partir del inicio de la remediación se mantuvo siempre por debajo del valor objetivo y al ser un compuesto altamente volátil, fue tratado por el sistema de E2FV y de B&T por la torre de stripping efectivamente. Adicionalmente, durante el avance de la remediación se detectaron concentraciones de Tetracloroetano, que rápidamente estuvieron por debajo de la concentración objetivo. Desde abril de 2018 se convirtió de pozo de monitoreo a Pozo de Extracción por Vacío, para acelerar la recuperación de contaminantes residuales.

- F5 (9 m.b.n.t.): Antes de interpretar el comportamiento de los CDI dentro de este pozo, hay que profundizar un poco un más en la operación que se realizó en los pozos DEW2, VEW2, F5 y DP2. El DEW2 es el pozo original de Bombeo & Tratamiento de la sección profunda del acuífero y operó como tal desde noviembre 2015 a abril 2018. Con la operación del sistema de remediación, las concentraciones dentro del pozo F5 se elevaron como resultado de la movilización de los contaminantes hacia

los pozos de extracción del centro de la pluma. En agosto 2017, se decidió complementar el sistema de bombeo existente, realizando operaciones puntuales (o pulsos) una vez a la semana por lapsos de dos (2) o tres (3) horas para intentar reducir las concentraciones en este pozo de monitoreo F5. Esto se realizó utilizando una bomba electro-sumergible en el pozo DP2 que bombeaba el agua al tanque ecualizador del sistema. La elección del pozo DP2 se basó en la cercanía al F5 y en que la sección filtrante del mismo estaba sobre una intercalación arcillosa local, a menor profundidad que el DEW2, esperando así tener un efecto más directo sobre la zona del pozo F5 con el bombeo. En el muestreo del 05/09/17, se generó un nuevo pico en las concentraciones de los CDI y particularmente en el cis-1,2-Dicloroetano en F5, comportamiento atribuible al bombeo del pozo DP2.

La siguiente modificación al sistema de bombeo fue el cambio de la bomba del pozo DEW2 al pozo VEW2 en abril de 2018. A partir de este cambio, se observó un nuevo ascenso en las concentraciones de CDI y un cambio en la tendencia de la concentración, que por los siguientes 12 meses iría en ascenso. Este incremento en la concentración evidenció que, con la última modificación, se pasó a trabajar en la zona “fuente” de concentraciones residuales.

Habiendo mencionado los cambios en las bombas y su efecto sobre las concentraciones, aquí se describe el comportamiento de los CDI. En el muestreo inicial (12/06/15), previo al inicio de las tareas de remediación, este pozo tenía concentraciones significativas de Cloruro de Vinilo (110 µg/l), 1,1-Dicloroetano (26 µg/l), trans-1,2-Dicloroetano (105 µg/l), cis-1,2-Dicloroetano (23.100 µg/l) y Tricloroetileno (165 µg/l). De estos compuestos, el 1,1-Dicloroetano y el cis-1,2-Dicloroetano se encontraban superando el valor guía establecido por la resolución de

OPDS. Otros compuestos fueron detectados en el primer muestreo, pero todos se encontraron por debajo de los valores guía correspondientes. La concentración de todos los compuestos detectados guardó relación con las modificaciones hechas al sistema de bombeo. En el último muestreo, el Cloruro de Vinilo, el 1,1-Dicloroetano y el cis-1,2-Dicloroetano comenzaron a mostrar una tendencia decreciente, pero aun teniendo sus concentraciones muy por arriba de los valores objetivo. Para el último muestreo, la concentración de Tricloroetileno y trans-1,2-Dicloroetano ya se encontraban por debajo del valor objetivo.

- F6 (9 m.b.n.t.): En el muestreo inicial (12/06/15), previo al inicio de las tareas de remediación, este pozo tenía concentraciones significativas de 1,1-Dicloroetano (0,4 µg/l), cis-1,2-Dicloroetano (99 µg/l) y Tricloroetileno (253 µg/l). Las concentraciones de estos compuestos siempre estuvieron por debajo de los valores objetivo. Igualmente, con el inicio de la remediación, la concentración de estos CDI decreció rápidamente.
- VEW3 (14 m.b.n.t.): En el muestreo inicial (12/06/15), previo al inicio de las tareas de remediación, este pozo tenía concentraciones significativas de cis-1,2-Dicloroetano (93,9 µg/l) y de Tricloroetileno (308 µg/l). Solo el TCE se encontraba por arriba del valor objetivo. Las concentraciones de TCE y de cis-1,2-Dicloroetano mostraron una tendencia decreciente y a partir del segundo muestreo ambas se encontraban por debajo del valor objetivo. En el primer muestreo se detectó el 1,1-Dicloroetano, pero en concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método. A partir del inicio de la remediación, la concentración de este compuesto fue en ascenso y en los últimos tres muestreos se invirtió la tendencia y finalmente quedó por debajo del valor objetivo.

4.3.2.3.3. Observación General:

Considerando la evolución de los resultados analíticos de todos los pozos de planta, a lo largo del proceso de remediación, se observa una clara y marcada tendencia general decreciente de los compuestos de interés. El incremento de las concentraciones en algunos pozos durante los primeros meses de operación se atribuye a que los sistemas de extracción (E2FV y B&T) movilizaron la pluma de CDI de sectores aguas abajo hacia los pozos de extracción. Lo cual luego se estabilizó, pasando a una tendencia descendiente que finalmente se hizo asintótica en el tiempo para la mayoría de los pozos de monitoreo y extracción.

En líneas generales, tanto en los pozos de monitoreo someros como los profundos e intermedios, se ha llegado a detecciones por debajo de los Valores Objetivo adoptados de la Resolución OPDS 95/14 y se puede considerar que en estos pozos el objetivo de la remediación ha sido alcanzado. Aun así, todavía quedan concentraciones residuales significativas en el área del pozo F5 (ADI-2) y en menor magnitud en el pozo DP1 (ADI-1), sobre las cuales se están re- enfocando los esfuerzos finales de remediación y la aplicación de B&T en el mismo.

5. Conclusiones

Las conclusiones que se presentan a continuación abarcan la información generada y presentada desde el primer momento de esta investigación, que fue la instancia de la Auditoria de Fase I, tratando de seguir un orden cronológico, hasta el último monitoreo de junio de 2019.

El presente trabajo demuestra que el abordaje sistemático y en fases para la caracterización y remediación de un sitio potencialmente afectado es efectiva y eficaz.

Quedó de manifiesto la importancia/relevancia que tienen las **Auditorias de Fase I** a la hora de identificar/determinar un posible o potencial impacto al medio ambiente. Toda la investigación de Caracterización de Fase II, que en gran parte fue el objeto de esta Tesis, comenzó por la necesidad identificada en la Fase I de regularizar el certificado de Factibilidad de Explotación de Aguas subterráneas del pozo al Acuífero Puelche (2do. Acuífero, semiconfinado) ante la ADA.

Las tareas de **caracterización Fase II**, en sitios con presencia de impactos ambientales, pueden resultar en un proceso largo e iterativo hasta lograr dar con un **MCS** que describa adecuadamente la situación del mismo. Siendo su objetivo el identificar, cuantificar y evaluar la condición del sitio respecto de la contaminación en cuanto a tipo, ubicación, vías de migración y posibles receptores, para con ello evaluar la necesidad de implementación de medidas correctivas, a los fines de minimizar los riesgos a la salud y el ambiente de los receptores reales y/o potenciales.

En este caso, la caracterización Fase II comprendió varias instancias de muestreo, que incluyeron la toma de muestras de suelo, aguas subterráneas y gases del suelo. Estas tareas se realizaron de manera escalonada, partiendo de datos generales para luego de cada

instancia de trabajo alcanzar información más específica de la condición de los hidrocarburos clorados en el predio, aportando así más detalle al MCS en cada etapa.

Tareas como la toma de muestras de suelo, el muestreo pasivo de gases del suelo y la perforación de pozos, fueron realizadas en eventos puntuales que aportaron información concreta para la toma de decisiones. Otras tareas, como los muestreos periódicos de agua subterránea, se realizaron con mayor frecuencia durante la caracterización (1 o 2 veces al año) y durante la instancia de remediación (frecuencia trimestral) con el fin de evaluar la evolución de la condición del sitio.

Una vez completado el MCS y habiendo logrado un acabado conocimiento de la problemática y los riesgos de exposición (fuente, extensión, distribución y vías de migración, receptores, entre otros) para el sitio, en **la Fase III** se confirmó la existencia y distribución del pasivo ambiental relacionado a HCC y se realizó la Evaluación de Alternativas de Adecuación. Este análisis permitió determinar las tecnologías disponibles y autorizadas a nivel nacional/provincial que mejor se ajustaban al sitio y a la contaminación presente. Con esta información, se elaboró un **Plan de Adecuación Ambiental detallado**, explicando la problemática y cómo sería tratada, para ser presentado y aprobado por las Autoridades de aplicación.

Dicho Plan de Adecuación Ambiental, tras ser aprobado por las Autoridades, se implementó (**Fase IV**) construyendo los pozos de extracción correspondientes, e instalando los equipos de vacío, de bombeo y de tratamiento. Tras la puesta en marcha y calibración del sistema, las tareas de operación y mantenimiento del mismo llevan (al momento de la redacción de esta Tesis) cuatro años y medio de estar funcionando. El tiempo que llevarán las tareas de adecuación siempre va a estar sujeto a la evolución de

las concentraciones de los contaminantes en el sitio y no puede ser calculado con precisión de antemano. Particularmente en este caso, debe remarcarse que los Objetivos de Remediación han cambiado a partir de la publicación de la Resolución 95/14, en la que se habilitó que en el caso de contar con la provisión de agua (por medio de red de distribución oficial en la zona), a multiplicar por diez (10) los valores objetivo para el acuífero freático.

También debe recalcar que parte esencial de las tareas de operación de un sistema de remediación es el **seguimiento y control en la Fase IV** de los parámetros operativos, que dan lugar a los ajustes para mejorar la eficiencia de la remediación.

En los cuatro años y medio de remediación activa se logró ver el avance y el efecto positivo de las tecnologías de remediación elegidas sobre la condición del sitio. En todos los pozos se han reducido las concentraciones de compuestos clorados. Tomando en cuenta el criterio de la Resol. OPDS 95/14, se puede resumir de la siguiente manera el estado de los pozos:

- Los pozos DP2, DP3, DP4, F4, F6 y VEW3 **cumplen con los niveles objetivo** para los COV analizados.
- El pozo DP1 excede únicamente el valor guía para el 1,1-Dicloroetano, el resto de los COV cumplen con los valores de la resolución.
- El pozo **F5 aún excede los valores objetivo** para Cloruro de Vinilo, 1,1-Dicloroetano y cis-1,2-Dicloroetano y al último muestreo mostraban una tendencia decreciente. El resto de los COV cumplen con los valores de la resolución. Los esfuerzos de remediación se están focalizaron sobre este pozo.

La remediación del sitio deberá continuar hasta que las concentraciones de los pozos DP1 y principalmente del F5 estén por debajo de los valores objetivo. Mientras tanto, la evolución de los COI deberá continuar bajo monitoreo trimestral.

Una vez que todos los pozos de monitoreo hayan alcanzado los valores objetivo, con la aprobación de las autoridades, se podrán concluir las actividades de remediación. Finalizada esta etapa, la Autoridad determinará por cuánto tiempo se deberá continuar con el monitoreo de la red de pozos para verificar que no haya *efecto rebote* sobre las concentraciones de los COI en alguno de los pozos por el cese de las actividades de remediación. Si se observara esta condición, sería necesario retomar alguna actividad de remediación puntual.

Lo expuesto hasta este punto se puede resumir de la siguiente manera:

- la Fase I ayudo a identificar desviaciones en los permisos/habilitaciones de la planta, que implicaron la necesidad de realizar caracterización Fase II para su regularización;
- la caracterización Fase II, permitió identificar, cuantificar y delimitar la presencia de TCE y sus derivados en varios pozos de planta;
- la Fase III ajustó la información de la Fase II, con datos del entorno de planta y una delimitación más precisa de zona de afectación. Con todo esta información se completó el Modelo Conceptual de Sitio para la evaluación cualitativa del riesgo y se determinó la necesidad de realizar tareas de remediación en el predio. También en esta etapa se dimensionó y seleccionaron las tecnologías de tratamiento a aplicar, se confeccionó el Plan

de Adecuación Ambiental, el cual posteriormente fue aprobado por la autoridad.

- la implementación del sistema de remediación, Fase IV, mejoro la condición de planta respecto de la contaminación, logrando que en la mayoría de los pozos de planta se cumpla con los valores objetivo. Si la tendencia de reducción de COI en los pozos continúa por medio de la operación y mantenimiento del sistema de remediación, pronto se podrá dar por terminada la adecuación del predio.

Con lo cual, se puede confirmar que la situación ambiental del predio fue modificada muy positivamente. Esto se comprueba a través del grado de avance (reducción de la concentración en agua subterránea) logrado por la remediación y por ende se considera que todo el trabajo realizado ha sido de valor y debe continuar hasta la obtención de la aprobación final.

Como ya se mencionara al inicio de esta sección, se confirmó que la aplicación metódica y sistemática de las herramientas para la identificación y caracterización de sitios potencialmente afectados, es un enfoque metodológico sólido y eficaz para abordar la caracterización y remediación de sitios con potencial contaminación ambiental.

6. Referencias

- [1] IRAM. (2012). *IRAM 29590 - Calidad ambiental. Acciones correctivas basadas en riesgo (ACBR) aplicadas a sitios contaminados con hidrocarburos. Guía metodológica*. Buenos Aires, Argentina: IRAM.
- [2] IRAM. (2008). *IRAM 29482 - Calidad ambiental - Calidad del suelo. Directivas para la investigación detallada de sitios urbanos e industriales con respecto a la contaminación del suelo*. Buenos Aires, Argentina: IRAM.
- [3] IRAM. (2016). *IRAM 29598 - Calidad ambiental. Desarrollo de modelos conceptuales para sitios contaminados*. Buenos Aires, Argentina: IRAM.
- [4] ASTM. (2013). *E1527 - 13 - Standard Practice for Environmental Site Assessments: Phase I Environmental Site Assessment Process*. West Conshohocken, Estados Unidos: ASTM International.
- [5] ASTM. (2011). *E1903 - 11 - Standard Practice for Environmental Site Assessments: Phase II Environmental Site Assessment Process*. West Conshohocken, Estados Unidos: ASTM International.
- [6] ASTM. (2014). *E1689-95(2014) - Standard Guide for Developing Conceptual Site Models for Contaminated Sites*. West Conshohocken, Estados Unidos: ASTM International.
- [7] ASTM. (2015). *E2081-00(2015) - Standard Guide for Risk-Based Corrective Action*. West Conshohocken, Estados Unidos: ASTM International.
- [8] FTTRT. (2018). *Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, Version 4.0*. Estados Unidos. Recuperado de https://frtr.gov/matrix2/top_page.html el 15/04/2019

- [9] *Ley N° 24.430 - Constitución Nacional Argentina*. Boletín Oficial. Buenos Aires. 15 de diciembre de 1994.
- [10] *Ley N° 24.051. Residuos Peligrosos*. Boletín Oficial. 17 de enero 1992.
- [11] *Decreto 831/93. Reglamentación de la Ley N°24.051*. Boletín Oficial. 3 de mayo 1993.
- [12] *Ley N° 11.459 – Radiación Industrial*. Boletín Oficial. 15 junio 1995.
- [13] *Ley N° 11.720 – Ley de Residuos Especiales*. Boletín Oficial. 13 diciembre 1995.
- [14] *Ley N° 11.723 – Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales*. Boletín Oficial. 22 de diciembre 1995.
- [15] *Ley N° 14.343. Pasivos Ambientales*. Boletín Oficial. 23 de enero 2012.
- [16] *Resolución OPDS N° 95/14. Remediación de Sitios Contaminados*. Boletín Oficial. 9 de febrero 2015.
- [17] *Resolución ADA (Autoridad del Agua) 333/17 – Sistema de Gestión Electrónica para Permisos de la Autoridad del Agua*. Boletín Oficial. 8 mayo 2017.
- [18] Rijkswaterstaat. (2013). *Soil Remediation Circular 2013*. Rotterdam, Países Bajos.
- [19] Wisconsin Department of Natural Resources. (2014). *Understanding Chlorinated Hydrocarbon Behavior in Groundwater: Guidance on the Investigation, Assessment and Limitations of Monitored Natural Attenuation* P.O. Box 7921, Madison, WI 53707 (dnr.wi.gov).
- [20] Billets, S N. *Environmental Technology verification report - Performance Verification of the W.L. Gore & Associates GORE-SORBER Screening Survey*.

U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-98/095,
1998.

7. Abreviaturas

ACBR: Acciones Correctivas Basadas en Riesgo

ADA: Autoridad del Agua, de la Provincia de Buenos Aires

ASTM: American Society of Testing Materials (hoy ASTM International)

BTEX: Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno

CAA: Certificado de Aptitud Ambiental

CAG: Carbón Activado Granular

CAS: Chemical Abstracts Service

CDI: Compuesto de Interés

COSV: Compuestos Orgánicos Semi Volátiles

COV: Compuestos Orgánicos Volátiles

EA: Evaluación Ambiental

HCC: Hidrocarburos Clorados

HTP: Hidrocarburos Totales del Petróleo

FLNAD: Fase Liquida No Acuosa Densa

FRTR: Federal Remediation Technologies Roundtable

IRAM: Instituto Argentino de Adecuación y Certificación (originalmente Instituto de Racionalización Argentino de Materiales: IRAM)

MCS: Modelo Conceptual del Sitio

m.b.n.t: Metros Bajo el Nivel del Terreno

OPDS: Organismo Para el Desarrollo Sustentable, de la Provincia de Buenos Aires

pH: Potencial de Hidrógeno

RBSL: Risk Based Screening Levels

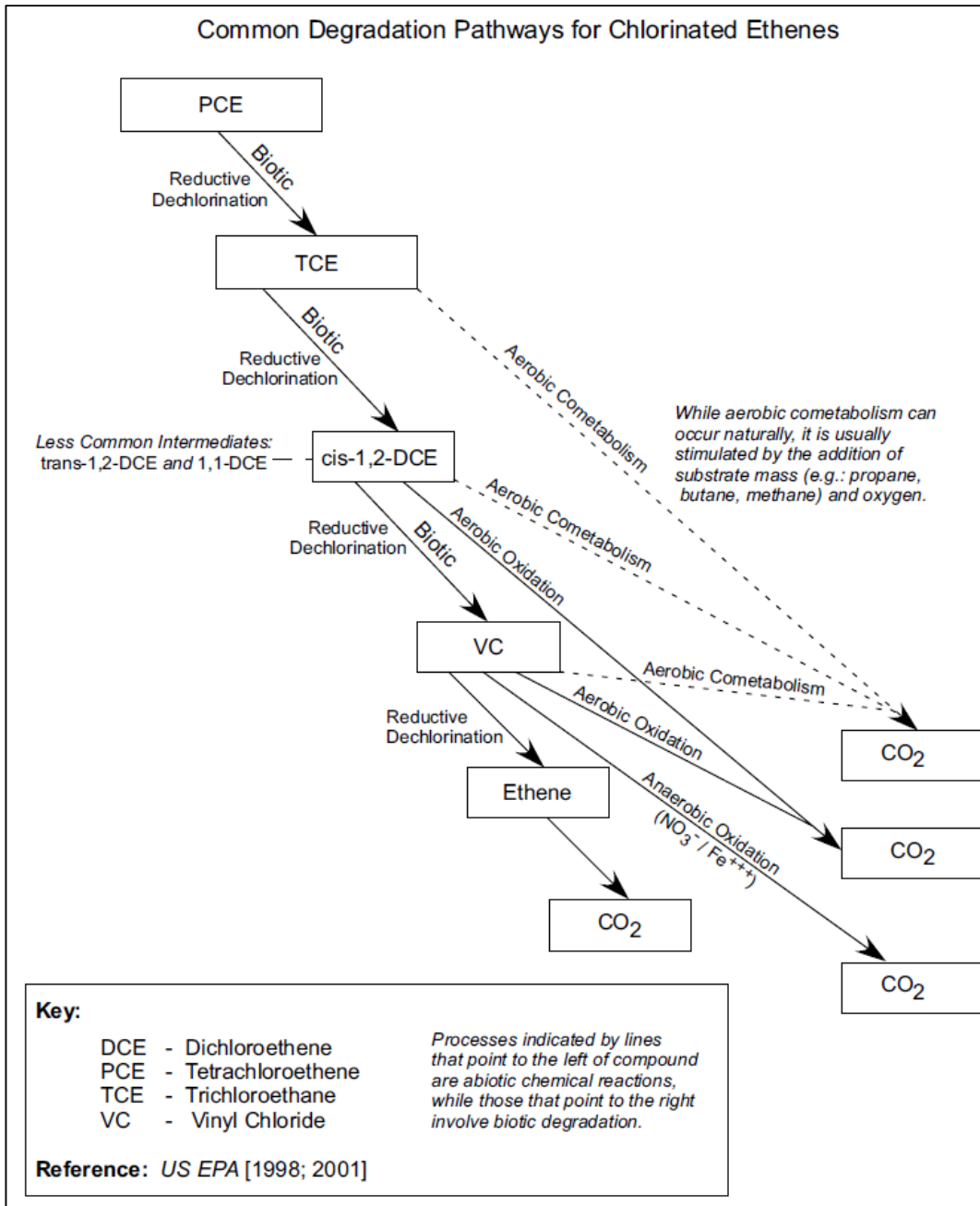
SSTL: Site Specific Target Levels

TCE: Tricloroetileno

USEPA: United States Environmental Protection Agency

ANEXOS

ANEXO A – Vías de degradación del PCE

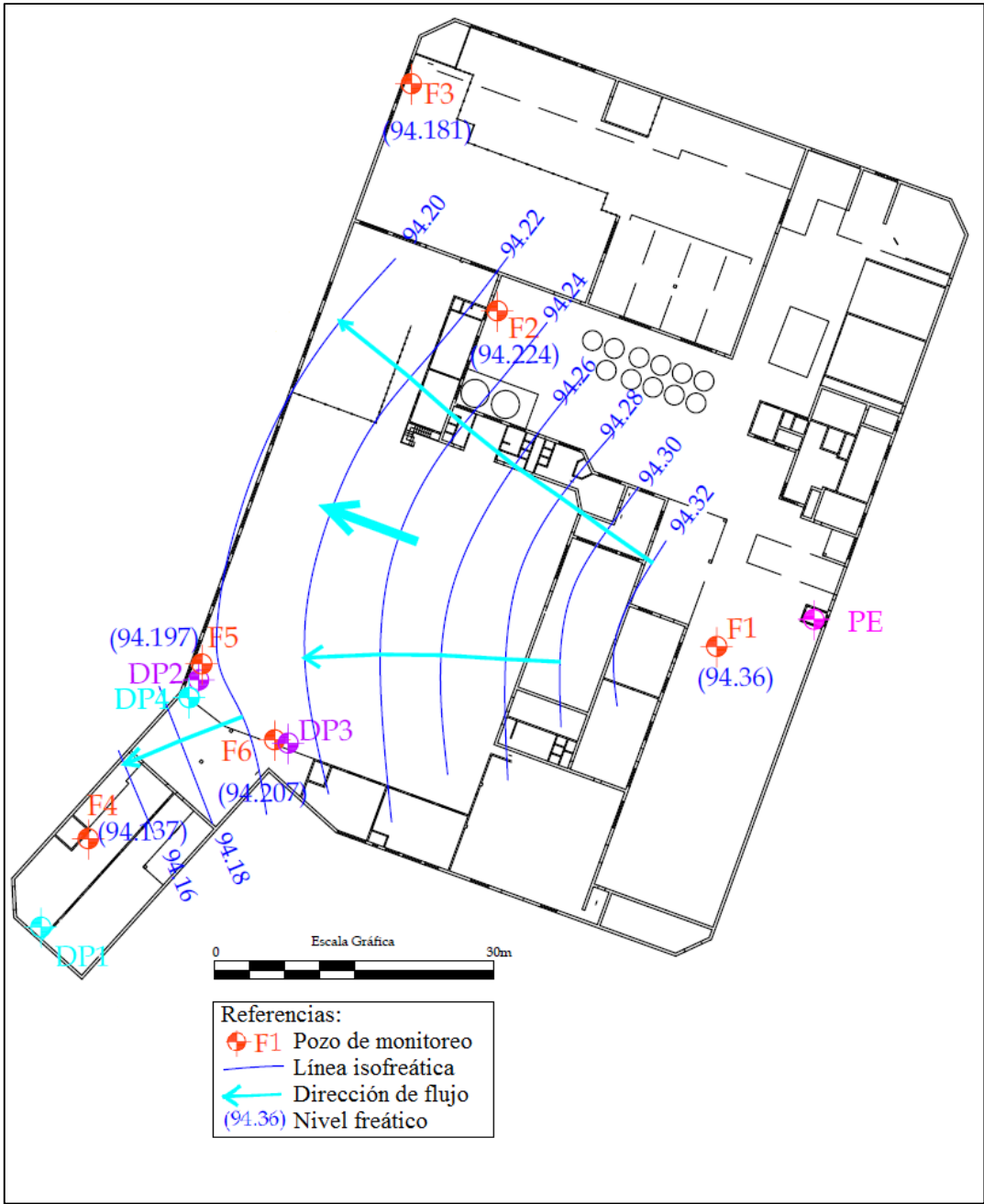


Fuente: Wisconsin Department of Natural Resources, October 2014 [19]

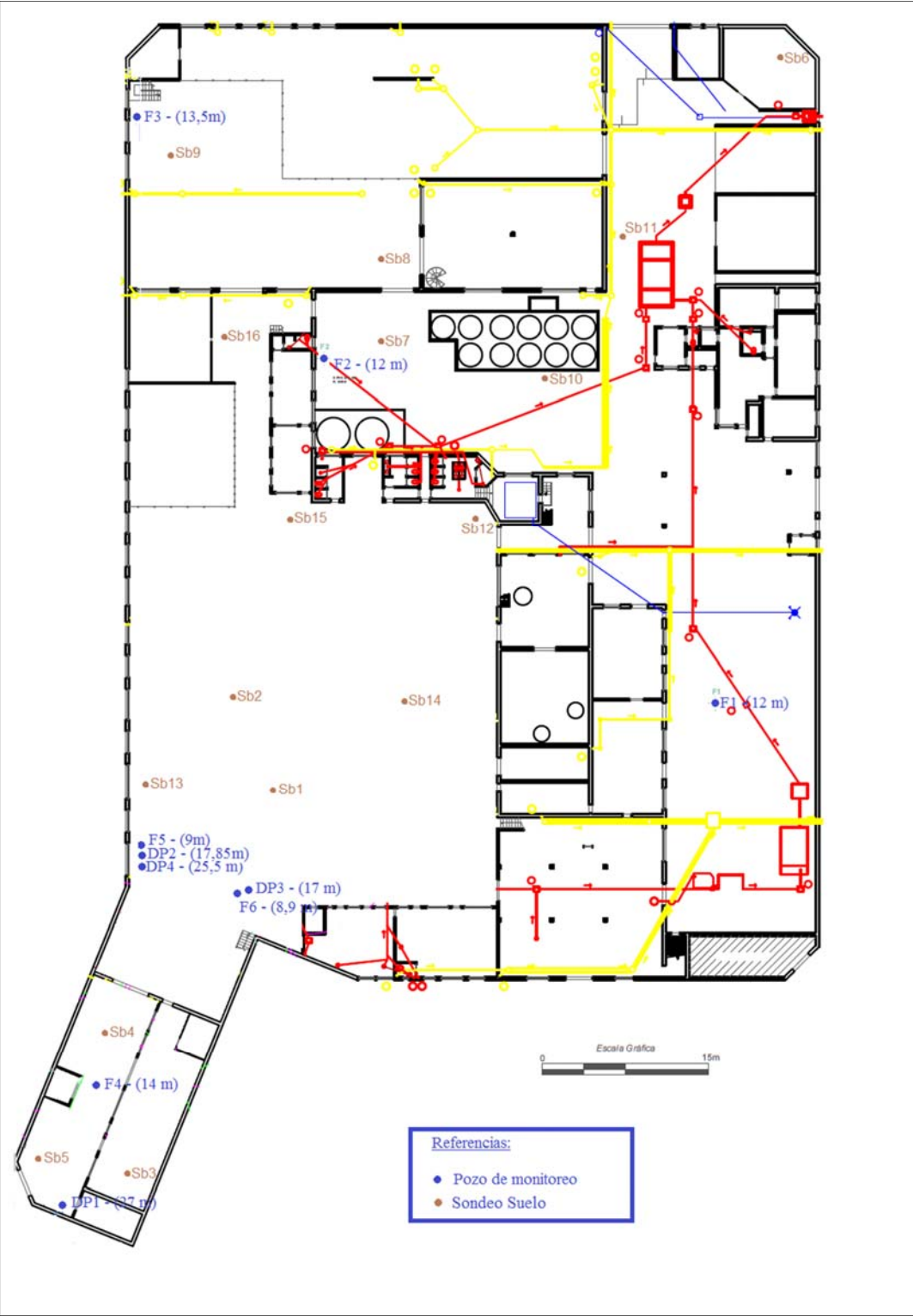
Referencias:

PCE: Tetracloroetano
 TCE: Tricloroetileno
 DCE: Dicloroetileno
 VC: Cloruro de Vinilo
 CO₂: Dióxido de Carbono

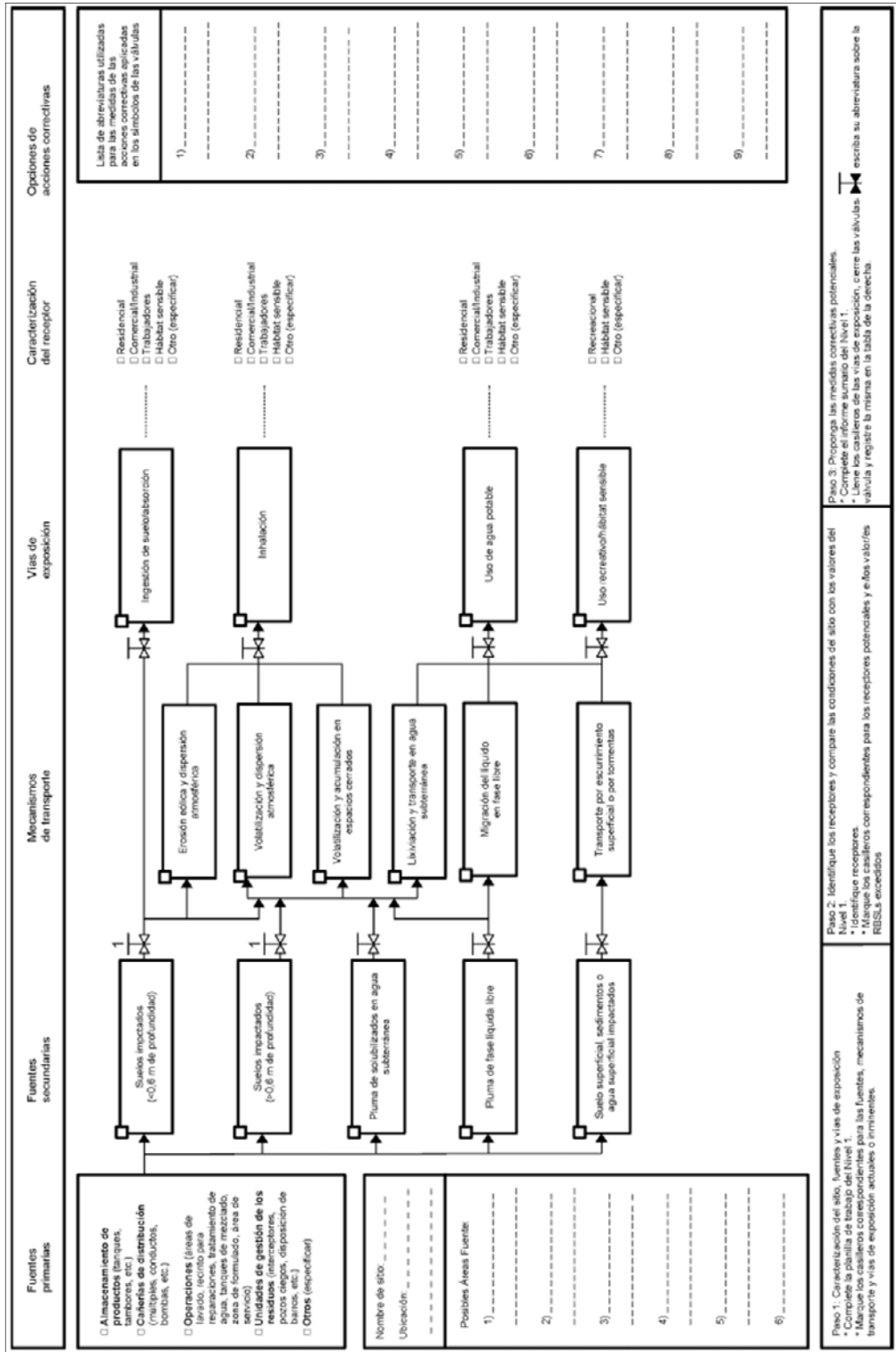
ANEXO B – Plano isofreático



ANEXO C – Ubicación de los sondeos de suelo



ANEXO D – Diagrama paso a paso para la evaluación de escenarios de exposición



Fuente: IRAM 29590 - Calidad ambiental. Acciones correctivas basadas en riesgo (ACBR) [1]

ANEXO E – “Screening Matrix” de la “Federal Remediation Technologies Roundtable”

TABLE 3-2: TREATMENT TECHNOLOGIES SCREENING MATRIX

Rating Codes ● Above Average ○ Average ○ Below Average N/A - "Not Applicable" ID - "Insufficient Data" ⊕ - Level of Effectiveness highly dependent upon specific contaminant and its application	Development Status	Treatment Train	Relative Overall Cost & Performance	Nonhalogenated VOC's	Halogenated VOC's	Nonhalogenated SVOC's	Halogenated SVOC's	Fuels	Inorganics	Radionuclides	Explosives
			OM	Capital	System Reliability & Maintainability	Relative Costs	Time	Availability			
Soil, Sediment, Bottoms, and Sludge											
3.1 In Situ Biological Treatment											
4.1 Bioventing	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.2 Enhanced Bioremediation	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.3 Phytoremediation	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3.2 In Situ Physical/Chemical Treatment											
4.4 Chemical Oxidation	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.5 Electrometric Separation	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.6 Fracturing	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.7 Soil Flushing	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.8 Soil Vapor Extraction	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.9 Solidification/Stabilization	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3.3 In Situ Thermal Treatment											
4.10 Thermal Treatment	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3.4 Ex Situ Biological Treatment (assuming excavation)											
4.11 Biopiles	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.12 Composting	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.13 Landfarming	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.14 Slurry Phase Biological Treatment	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3.5 Ex Situ Physical/Chemical Treatment (assuming excavation)											
4.15 Chemical Extraction	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.16 Chemical Reduction/Oxidation	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.17 Dehalogenation	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.18 Separation	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.19 Soil Washing	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.20 Solidification/Stabilization	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3.6 Ex Situ Thermal Treatment (assuming excavation)											
4.21 Hot Gas Decontamination	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.22 Incineration	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.23 Open Burn/Open Detonation	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.24 Pyrolysis	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.25 Thermal Desorption	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3.7 Containment											
4.26 Landfill Cap	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.27 Landfill Cap Enhancement/Alternatives	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3.8 Other Treatment											
4.28 Excavation, Removal, Off-Site Disposal	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Ground Water, Surface Water, and Leachate											
3.9 In Situ Biological Treatment											
4.29 Enhanced Bioremediation	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.30 Monitored Natural Attenuation	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.31 Phytoremediation	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3.10 In Situ Physical/Chemical Treatment											
4.32 Air Sparging	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.33 Biosparging	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.34 Chemical Oxidation	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.35 Directional Wells (enhancement)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.36 Dual Phase Extraction	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.37 Thermal Treatment	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.38 Hydrofracturing Enhancements	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.39 In Well Air Stripping	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.40 Passive/Reactive Treatment Walls	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3.11 Ex Situ Biological Treatment											
4.41 Bioreactors	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.42 Constructed Wetlands	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3.12 Ex Situ Physical/Chemical Treatment (assuming pumping)											
4.43 Adsorption/Absorption	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.44 Advanced Oxidation Processes	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.45 Air Stripping	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.46 Granulated Activated Carbon/Liquid Phase Carbon Adsorption	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.47 Groundwater Pumping/Pump & Treat	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.48 Ion Exchange	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.49 Precipitation/Coagulation/Flocculation	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.50 Separation	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.51 Sprinkler Irrigation	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3.13 Containment											
4.52 Physical Barriers	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4.53 Deep Well Injection	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3.14 Air Emissions/Off-Gas Treatment											
4.54 Biotrickling	●	N/A	●	●	●	●	●	●	●	●	ID
4.55 High Energy Destruction	●	N/A	ID	ID	●	ID	ID	●	●	●	ID
4.56 Membrane Separation	●	N/A	ID	ID	●	ID	ID	●	●	●	ID
4.57 Oxidation	●	N/A	●	●	●	ID	ID	●	●	●	ID
4.58 Scrubbers	●	N/A	●	●	●	ID	ID	●	●	●	ID
4.59 Vapor Phase Carbon Adsorption	●	N/A	●	●	●	ID	ID	●	●	●	ID

TABLE 3-1: DEFINITION OF SYMBOLS USED IN THE TREATMENT TECHNOLOGIES SCREENING MATRIX

Factors	● Above Average	○ Average	○ Below Average	Other
Development Status (Scale status of an available technology)	Implemented as part of the final remedy at multiple sites, well documented, understood, etc.	Has been implemented at full scale but still needs improvements, testing, etc.	Not been fully implemented but has been tested (pilot, bench, lab scale) and is promising	⊕ Level of Effectiveness highly dependent upon specific contaminant and its application/design
Treatment Train (Is the technology only effective as part of the treatment train?)	Stand-alone technology (not complex in terms of number of media/treatment technologies, maybe one "routine" technology in addition)	Relatively simple (two-car train or so), and well understood, widely applied, etc.	Complex (more technologies, media to be treated, generates excessive waste, etc.)	
OM Operation and Maintenance Intensive	Low degree of OM intensity	Average degree of OM intensity	High degree of OM intensity	
Capital Capital Intensive	Low degree of capital investment	Average degree of capital investment	High degree of capital investment	
System Reliability/Maintainability (The expected range of demonstrated reliability and maintenance relative to other effective technologies)	High reliability and low maintenance	Average reliability and average maintenance	Low reliability and high maintenance	N/A "Not Applicable"
Relative Costs (Design, construction, and operations and maintenance (OM) costs of the core process that defines each and one-and-one-half treatment)	Low degree of general costs relative to other options	Average degree of general costs relative to other options	High degree of general costs relative to other options	ID "Insufficient Data"

ANEXO F – Presentación PowerPoint

Defensa de Tesis

Título de la Tesis:

**ADECUACIÓN DE UN SITIO AFECTADO POR TRICLOROETILENO Y
OTROS SOLVENTES CLORADOS:**

**Caracterización sistemática y remediación de un pasivo
ambiental en la Provincia de Buenos Aires**

**Autor: Patricio Marshall
Tutor: Alfredo Wagner**



Introducción

- La contaminación del suelo y agua subterránea, producto de la actividad industrial, es una problemática común a muchos sitios industriales en el país. Cada industria, dependiendo de las materias primas que utilice, los procesos que implemente y los productos que fabrique, tendrá mayor o menor posibilidad de impactar al ambiente de una forma negativa.
- La información que se presenta en esta Tesis es producto de la investigación y remediación llevada a cabo por una empresa de consultoría ambiental, de la cual formo parte, a lo largo de aproximadamente 11 años.
- El estudio comenzó con una auditoría Fase I realizada en diciembre 2007 y dio lugar a un proceso de remediación del cual se presentan los datos generados hasta julio 2019.
- El caso de estudio presentado paso por las cuatro Fases del proceso de caracterización sistemática de sitios potencialmente contaminados, estas son conocidas como Fases I, II, III y IV



Estado de situación

- El Tricloroetileno o TCE (C_2HCl_3 ; CAS No. 79-01-6) es un hidrocarburo clorado (HCC), más específicamente un solvente clorado que fue ampliamente utilizado como agente de limpieza por su alta efectividad como desengrasante entre la década de 1940 hasta principio de los '90 en talleres e industrias (electrónica, mecánica, automotriz y textil, entre otras).
- Marco normativo específico:
 - Ley N° 24.051 (1992) – Residuos Peligrosos – Valores Guía de calidad de agua y suelo según su uso
 - Res. OPDS N° 95/14 (2014) – Remediación de Sitios Contaminados - Esta establece la necesidad de caracterización de sitios sospechados de contaminación y los lineamientos para el inicio, ejecución y finalización de tareas de remediación en sitios contaminados ubicados en el territorio de la provincia de Buenos Aires.

Etapas del proceso de caracterización sistemática de sitios potencialmente contaminados para su adecuación

- **Fase I - Evaluación Ambiental de Fase I.** Esta suele tomar la forma de una Auditoria de Cumplimiento Legal, Auditoria de Cierre o Due Diligence. Este paso consta principalmente de una revisión de documentación, recorrida/inspección del sitio y como resultado se obtiene un resumen de la historia del sitio, un listado de las *Áreas de Potencial Interés ambiental*, un listado de productos químicos utilizados (*CDI – Compuestos de Interés*) y un resumen de la situación documental.
- **Fase II - o Evaluación Ambiental de Fase II.** Involucra la toma de muestras de suelo, agua, lodos, residuos y/o materiales de construcción. La interpretación de la información se resume en un **Modelo Conceptual del Sitio (MCS)** que explica la relación entre los CDI, la fuente de los estos, sus vías de migración o transporte en los medios afectados, y la vía de exposición a los receptores de los contaminantes. Puede que este tipo de trabajos no sean conclusivos en su primera instancia y que se tengan que hacer tareas adicionales de caracterización para poder definir la dimensión de el o los pasivos.
- **Fase III - o Evaluación Ambiental de Fase III.** En esta etapa se realiza el *Estudio de Acciones Correctivas* para las áreas con afectación confirmada. Esta evaluación tiene por objetivo comprender los riesgos de exposición a las sustancias potencialmente tóxicas y determinar la necesidad de adecuación o eliminación de los mismos.

Para los escenarios de exposición inaceptable, se evalúan las Alternativas Técnicas de Remediación, considerando la aplicabilidad, condiciones del sitio, disponibilidad local y presupuesto entre otros. El resultado de la Fase III es el **Plan de Acciones Correctivas**, que puede ir desde un Plan de Monitoreo hasta un Plan de Remediación Ambiental de diversa complejidad, según lo requiera la situación.

- **Fase IV - Implementación de la alternativa de adecuación/remediación seleccionada.** Una vez aprobado el Plan de Remediación por parte de la autoridad y habiendo obtenido los permisos requeridos, **se implementa el plan de remediación** hasta llegar a los valores objetivo acordados con la autoridad, considerándose así el predio Apto para el Uso Futuro convenido.



FASE I - Auditoria Fase I

Objetivo:

- Auditoria de Fase I según lo podemos encontrar en la norma ASTM E1527 es identificar, dentro de los límites de lo posible por medio de esta etapa del proceso, condiciones ambientales adversas vinculadas al sitio en cuestión.

Tareas realizadas:

- Revisión de la información histórica y presente del sitio
- Revisión de permisos y documentos
- Recorrida del sitio y entrevistas con el personal

Resultado principal:

- Como resultados de la Fase I se identificó:
 - la necesidad de regularizar la situación del CAA y del Certificado de Factibilidad de Explotación de Aguas subterráneas.
 - Recomendación de realizar un estudio de agua subterránea para obtener mayor información sobre las detecciones identificadas en las campañas 2006 y 2007.

FASE II - Estudios de Caracterización

Objetivo:

- El objetivo principal de este estudio de Fase II es la caracterización de suelo y agua subterránea del sitio para comprender el impacto de los solventes clorados en el subsuelo del predio, a fin elaborar el modelo conceptual de sitio.

Tareas realizadas:

- Revisión de la información histórica del sitio
- Instalación de 2 pozos de monitoreo a 9 m.b.n.t. (F5 y F6)
- Instalación de 3 pozos mas profundos entre 17 y 27 m.b.n.t (DP1, DP2 y DP3), a la base del acuífero freático
- Toma de muestras de suelo durante las tareas de instalación de pozos para evaluar la presencia de HCC en el suelo
- Muestreo de la red completa de pozos de monitoreo a la napa freática
- Análisis en laboratorio de las muestras de suelo y agua.
- Análisis de resultados, comparar la información obtenida de los muestreos con los valores guía establecidos para los distintos compuestos

FASE II - Estudios de Caracterización (Resultados)- Agua de Freatímetros

Parámetros analizado	Unidad	F1	F2	F3	F4	F5	F6	DP1	DP2	DP3	Niveles Guía	
											Dec. 831/93 Anexo II Tabla I	Lista Hol.*
HTP	mg/l	<0,2	<0,2	0,8	0,7	4,4	0,3	<0,2	<0,2	<0,2	NR	0,6
1,1,2-Tricloroetano	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	25,2	9,9	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	6	130
1,1-Dicloroetano	ug/l	<0,3	<0,3	<0,3	28,6	6,8	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,3	10
1,2-Dicloroetano	ug/l	17,9	<1,0	<1,0	1,9	1,5	<1,0	1,5	<1,0	<1,0	10	400
Benceno	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	247	6,2	1,4	7,3	<1,0	<1,0	10	30
Cis-1,2-Dicloroetano	ug/l	<1,0	<1,0	5,9	19.400	22.680	681	502	1.443	387	70	NR
Cloroformo	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	14,7	9,3	4,7	3,6	9	5,2	30	400
Clorometano	ug/l	<1,0	3,9	12,3	<1,0	<1,0	4,5	2,9	4,7	5,1	1,9	NR
Cloruro de Vinilo	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	66,3	28,5	<1,0	<1,0	2,9	<1,0	20	5
Tetracloroetano	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	385	32,9	5,4	3,3	<1,0	<1,0	10	40
Metilazinfos	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	14,7	9,3	4,7	<1,0	9	5,2	100	NR
Trans-1,2- Dicloroetano	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	31,8	37	1,8	1,1	1,9	<1,0	100	NR
Tricloroetileno	ug/l	<1,0	4,4	5,4	7.625	11.950	1.460	1.046	527	948	30	500

Referencias:

*Lista Holandesa

NR: No Regulado

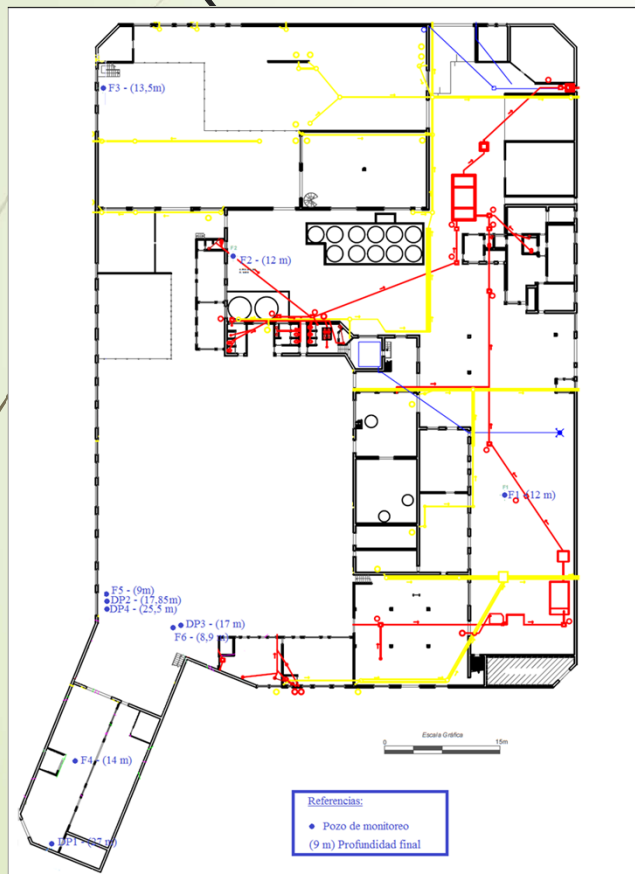
CAS: (Numero del) Chemical Abstract Service Registry

5.4
34650.7

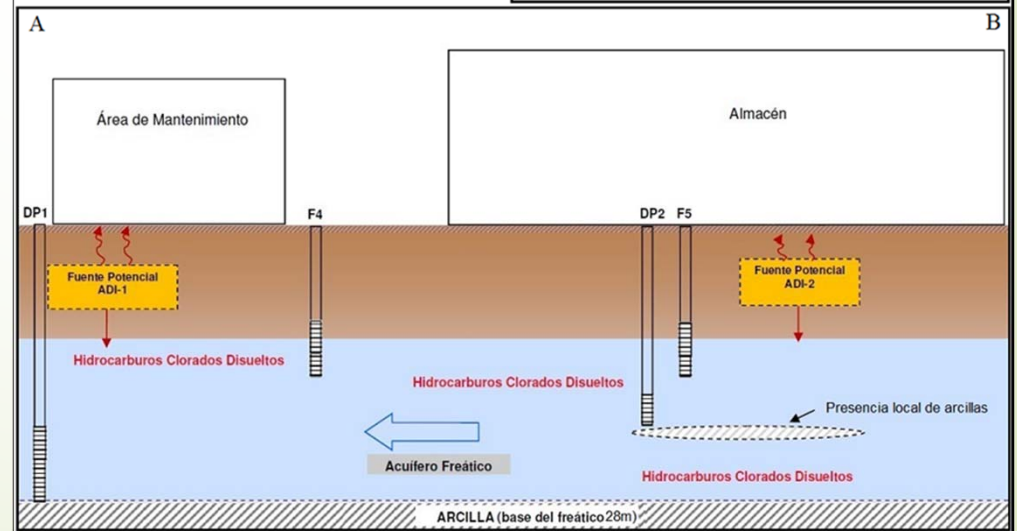
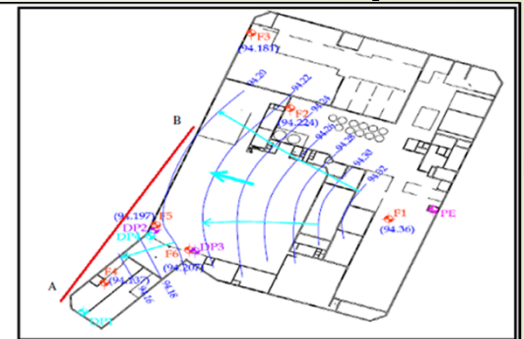
Resultados por debajo de los valores guía o valor de cuantificación del método

Resultados por arriba de los valores guía vigentes al 2011, previo a la Resol 95/14.

FASE II - Estudios de Caracterización (Modelo Conceptual de Sitio Inicial)



Modelo Conceptual de Sitio
Corte Transversal A-B
(No a escala)





FASE III - Estudios Fase II Complementarios y Estudio de Acciones Correctivas

Objetivos:

- El objetivo de la Fase III fue generar información adicional para ajustar los datos del MCS respecto de la extensión areal y en profundidad de la pluma de compuestos clorados en el agua subterránea para poder establecer las Acciones Correctivas para el sitio.

Tareas realizadas:

- Campaña de identificación de posibles receptores sensibles
- Muestreo pasivo de gases del suelo en busca de las Fuentes de contaminación, aun indefinidas
- Ejecución y muestreo de 16 sondeos de suelo
- Perfilaje Gamma de pozo de explotación de planta
- Instalación de un pozo a la base del acuífero Pampeano (DP4)
- Muestreo de agua subterránea
- Selección de Alternativas de Remediación
- Redacción del Plan de Adecuación

FASE III - Estudios Fase II Complementarios (Resultados)- Agua de Freatímetros

Evidencia de Decloración Progresiva por degradación natural: TCE -DCE-CV

Parámetros Analizados	Unidad	F1	F2	F3	F4	F5	F6	DP1	DP2	DP3	DP4	Criterios de Referencia	
												Decreto 831-Tabla 1 del Anexo II	Codigo Alimentario Argentino
HTP	mg/l	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	0.6 ²	NR
Benceno	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	342,0	6,9	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	10	10
Tetracloroetano	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	31,8	20,1	<1,0	12,2	<1,0	<1,0	<1,0	10	10
Tricoloetileno	ug/l	<1,0	<1,0	2,9	8.060,0	8.710,0	590,0	4.940,0	414,4	722,7	253,0	30	30
cis-1,2-dicloroetano	ug/l	<1,0	<1,0	5,5	33.060,0	47.400,0	180,0	400,0	322,9	170,0	162,0	70	NR
trans-1,2-dicloroetano	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	32,9	80,7	<1,0	1,7	<1,0	<1,0	<1,0	100	NR
1,1-dicloroetano	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	29,8	13,8	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	0.3	0.3
Cloruro de vinilo	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	285,2	<1,0	<1,0	36,3	<1,0	<1,0	<1,0	20	2
Tetracloruro de carbono	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	3	3
Cloroformo	ug/l	<1,0	<1,0	<1,0	12,3	8,1	<1,0	10,5	<1,0	<1,0	<1,0	30	NR

Referencias:

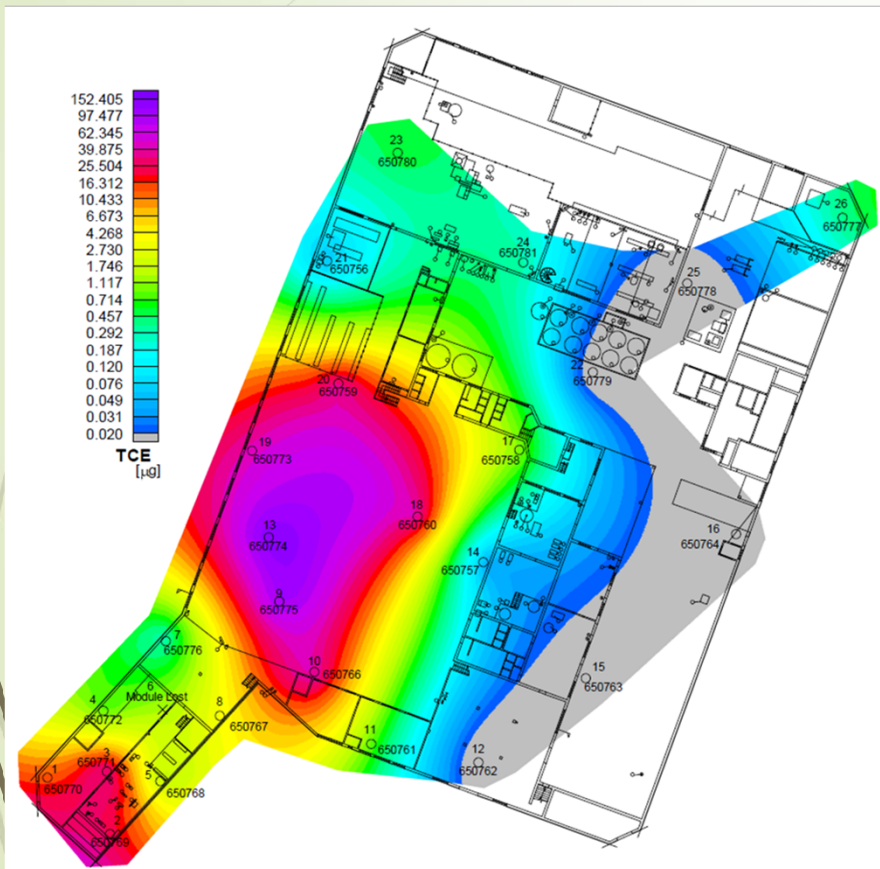
5.4	Resultados por debajo de los criterios de referencia o limite de cuantificación del método analítico
34650.7	Resultado que supera el valor guia del criterio de referencia



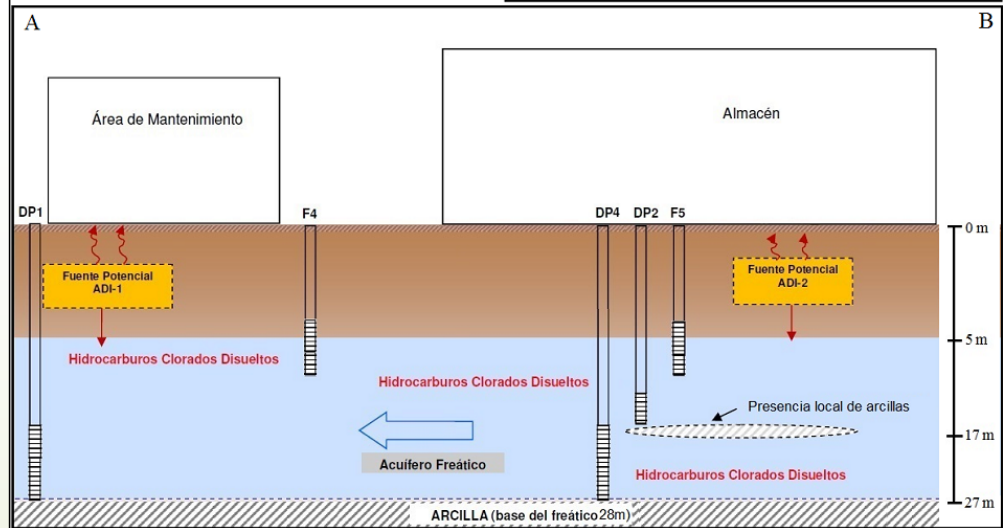
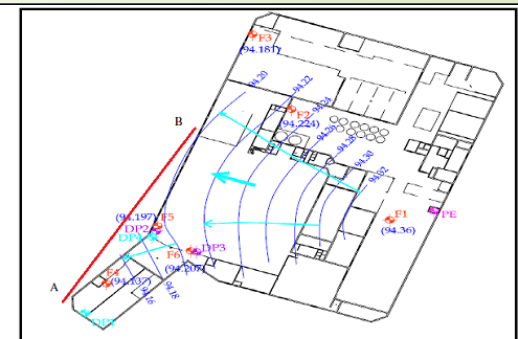
FASE III - Selección de Alternativas de Remediación y Plan de Adecuación

- Para el agua subterránea se definieron como principales compuestos de interés a los siguientes:
 - Tetracloroetano (PCE),
 - **Tricloroetileno (TCE),**
 - **Cis-1,2-dicloroetano (cis-1,2-DCE);**
 - 1,1-Dicloroetano (1,1-DCE),
 - Cloruro de Vinilo (CV)
- Todos estos compuestos superaron los valores guía establecidos en la Tabla 1 - “Niveles Guía de Calidad de Agua para Fuentes de Bebida Humana con Tratamiento Convencional” del Anexo II del Decreto 831/93.

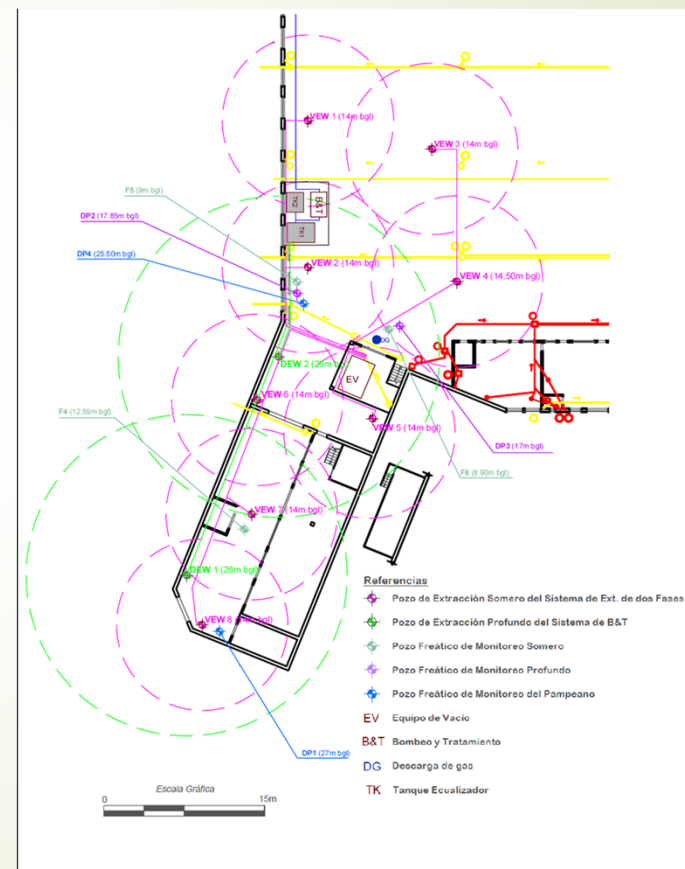
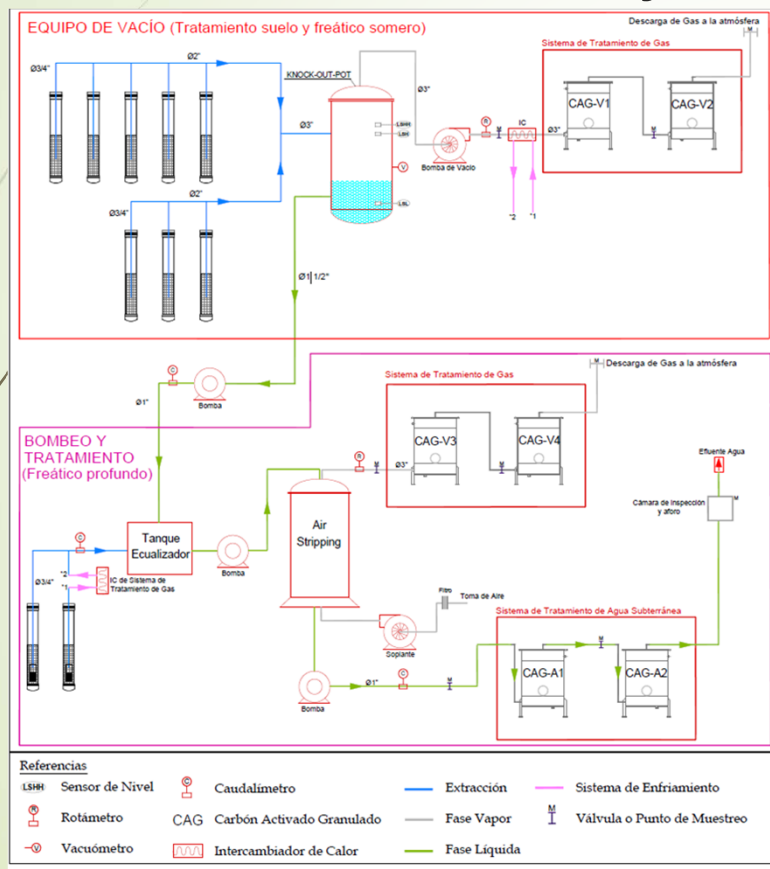
FASE III - Estudios Fase II Complementarios (Actualización Modelo Conceptual de Sitio: *Fuentes y profundidades de afectación*)



Modelo Conceptual de Sitio Actualizado
Corte Transversal A-B
(No a escala)



FASE III - Selección de Alternativas de Remediación y Plan de Adecuación



Fotos del sistema

Cabezal de pozo de extracción por Vacío



Filtros de ranura continua de Acero Inoxidable compatible con Solventes Clorados

Extracción por Vacío de Dos Fases



Bombeo y Tratamiento con Torre de Stripping y captación de Volátiles en Filtros con CAG



FASE IV - Instalación y Remedación

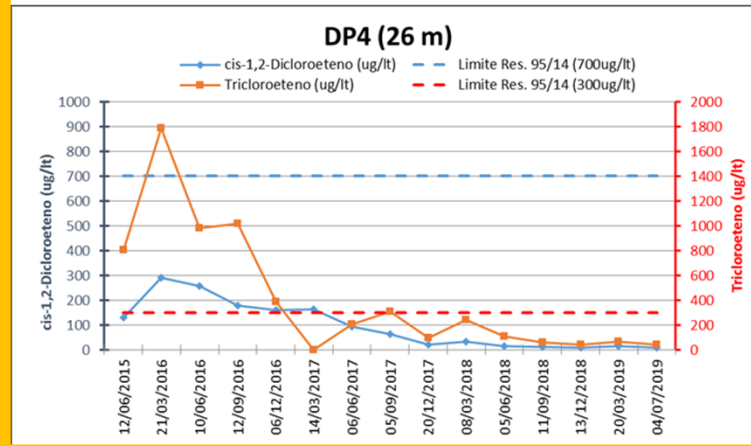
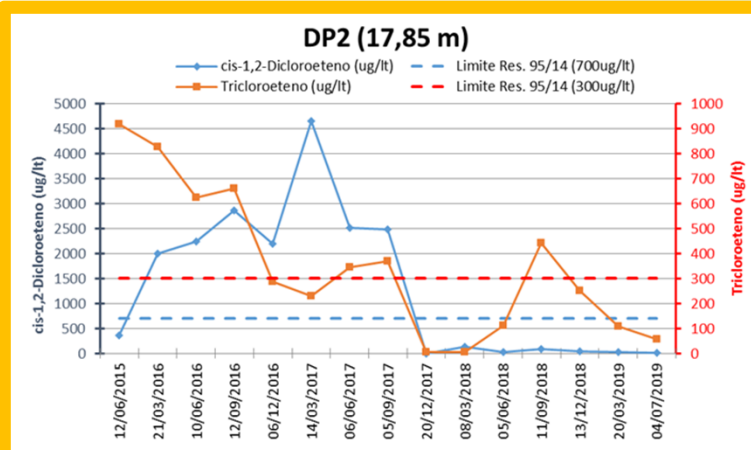
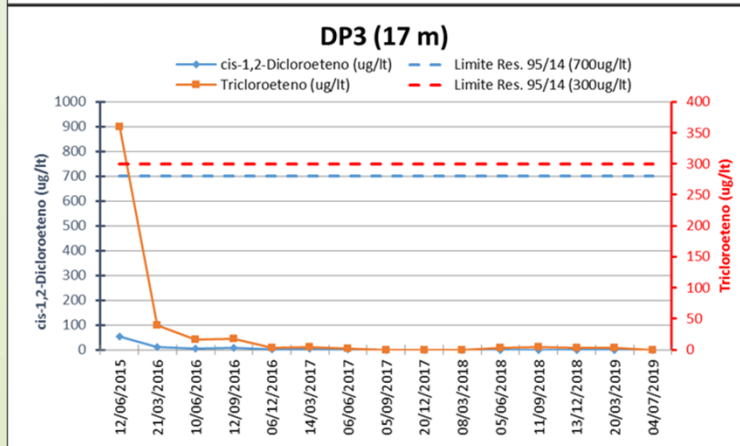
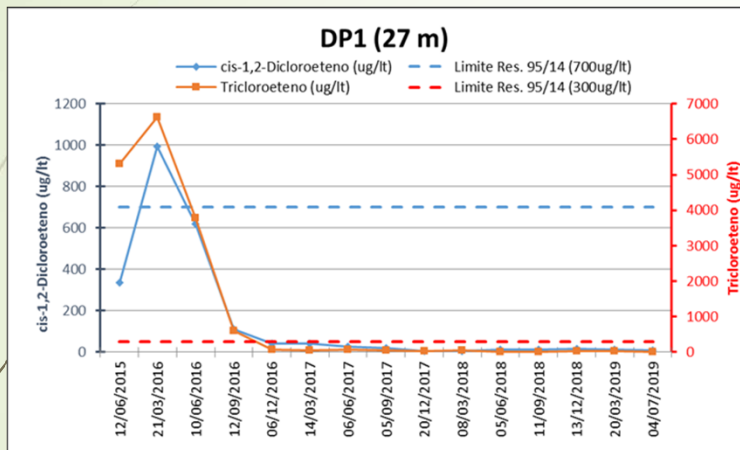
Objetivo:

- Reducir la concentración de compuestos clorados en el suelo y agua subterránea del predio
- Cumplir con los valores objetivo para compuestos clorados en agua según la Res. OPDS 95/14 **(esta permitió cambiar en Valor de Objetivo de la Remedación de 30 a 300 ppb, multiplicando x 10 “agua de Bebida”)**

Tareas realizadas:

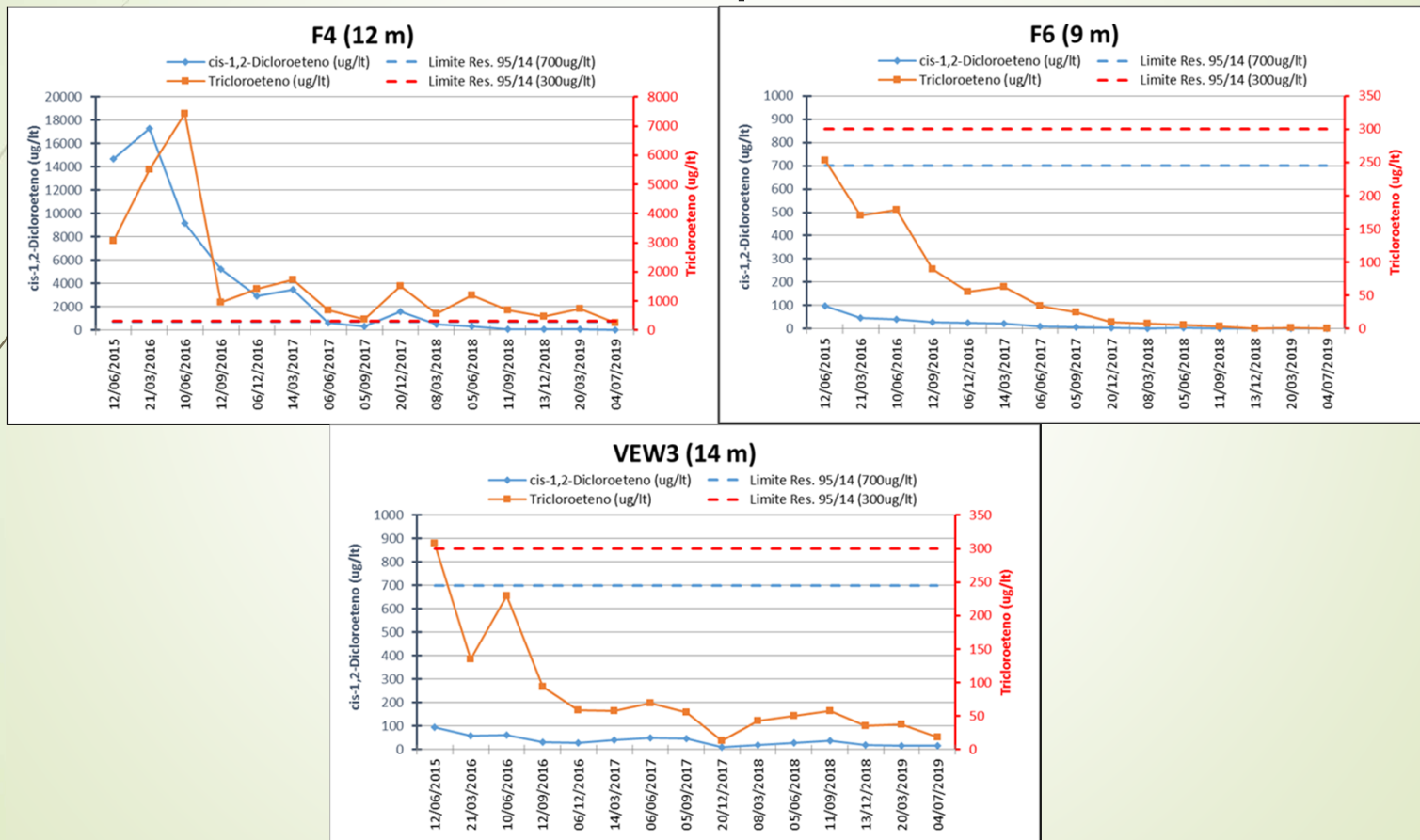
- Perforar 8 pozos a 14 m.b.n.t. para el sistema de extracción por vacío (E2FV).
- Perforar 2 pozos a 27 m.b.n.t. para el sistema de bombeo (B&T).
- Construcción de una cabina insonorizada para el equipo de vacío E2FV.
- Importación de una Torre de stripping de 5m³/hr para tratamiento de aguas
- Realizar la instalación de las cañerías de conducción y los equipos de remediación (B&T y E2FV).
- Construir una batea de contención para el tanque ecualizador de agua y sistema de tratamiento.
- Construcción de cámara de aforo y conexión a la red pluvial municipal.
- Puesta en Marcha, Operación y mantenimiento del sistema por años

FASE IV - Remediación - Resultados de la operación, Pozos Freáticos Profundos



Pozos
vecinos
al P5

FASE IV - Instalación y Remediación – Resultados de la operación, **Pozos Someros**

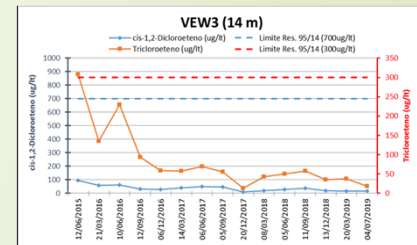
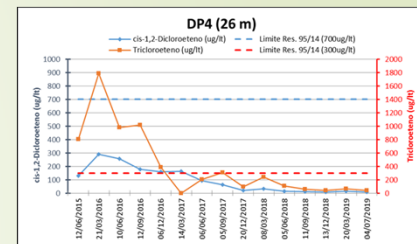




ID	Funcion del Pozo	Nov 2015	2017					2018												2019		
		a Jul 2017	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene - Dic		
DEW-1	Bombeo									Se apaga												
DEW-2	Bombeo									Se apaga												
VEW-1	E2F - Vacio																					
VEW-2	E2F - Vacio										2	Se lo pasa a Bombeo utilizando la bomba del DEW2										
VEW-3	E2F - Vacio																					
VEW-4	E2F - Vacio																					
VEW-5	E2F - Vacio																					
VEW-6	E2F - Vacio													Se agrega una bomba adicional al sistema								
VEW-7	E2F - Vacio												Se lo pasa a Bombeo utilizando la bomba del DEW1									
VEW-8	E2F - Vacio																					
DP-2	Monitoreo		1 Bombeo intermitente con bomba adicional																			
F-4	Monitoreo										Se aplica el vacio del VEW7											
F-5	Monitoreo			Se aplica el vacio del VEW2																		

FASE IV - Instalación y Remediación – Resultados de la operación

- Considerando la evolución de los resultados analíticos de todos los pozos de planta, a lo largo del proceso de remediación, se observa una clara y marcada tendencia general decreciente de los compuestos de interés. Los ascensos de concentraciones en algunos pozos en los primeros meses de operación se atribuyen a que los sistemas de extracción (E2FV y B&T) movilizaron la pluma de CDI hacia los pozos de extracción. Lo cual luego ese estabilizo, pasando a una tendencia descendiente que finalmente se hizo asintótica en el tiempo para la mayoría de los pozos de extracción y de monitoreo.
- En líneas generales, tanto en los pozos de monitoreo someros como los profundos e intermedios, se ha llegado a detecciones por debajo de los Valores Objetivo adoptados de la Resolución OPDS 95/14 y se puede considerar que en estos pozos el objetivo de la remediación ha sido alcanzado. Aun así, todavía quedan concentraciones residuales significativas en el área del pozo F5 (ADI-2) y en menor magnitud en el pozo DP1 (ADI-1), sobre las cuales se están enfocando los esfuerzos finales de remediación y la aplicación de B&T en el mismo.





Conclusiones del Trabajo de investigación

- Lo expuesto hasta este punto se puede resumir de la siguiente manera:
- la **Fase I** ayudo a identificar desviaciones en los permisos/habilitaciones de la planta, que implicaron la necesidad de realizar caracterización Fase II para su regularización;
- la caracterización **Fase II**, permitió identificar, cuantificar y delimitar la presencia de TCE y sus derivados en varios pozos de planta;
- la **Fase III** ajusto la información de la Fase II, con datos del entorno de planta y una delimitación más precisa de zona de afectación. Con todo esta información se completó el *Modelo Conceptual de Sitio* para la evaluación cualitativa del riesgo y se determinó la necesidad de realizar tareas de remediación en el predio. También en esta etapa se dimensiono y seleccionaron las tecnologías de tratamiento a aplicar, se confeccionó el **Plan de Adecuación Ambiental**, el cual posteriormente fue aprobado por la autoridad.
- la implementación del sistema de remediación, **Fase IV**, mejoro la condición de planta respectó de la contaminación, logrando que en la mayoría de los pozos de planta se alcancen los valores objetivo. Si la tendencia de reducción de COI en los pozos continúa por medio de la operación y mantenimiento del sistema de remediación, pronto se podrá dar por terminada la adecuación del predio.



Gracias por su atención